
В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ
Выпуск
44
1974



РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ

В. Кокачев

Предлагаемые вниманию читателей малогабаритные транзисторные радиоприемники предназначены для приема программ радиовещательных станций в диапазонах средних 187—570 м (1600—520 кГц) и коротких 25—50 м (12—6 МГц) волн.

Один радиоприемник выполнен на транзисторах с *n-p-n* структурой и в его усилителе ПЧ используется пьезокерамический фильтр. Другой радиоприемник собран на транзисторах с *p-n-p* структурой и в его усилителе ПЧ используется фильтр сосредоточенной селекции. В остальном схемы радиоприемников принципиальных отличий не имеют.

Чувствительность приемников при приеме на магнитную антенну в диапазоне средних волн 500—800 мкВ/м, при приеме на телескопическую антенну в диапазоне коротких волн — 100 мкВ. Кроме магнитной и телескопической антенн, предусмотрено подключение внешней ан-

тенны, на которую можно вести прием в обоих диапазонах.

Избирательность по соседнему каналу (при расстройке на 10 кГц) на средних волнах — 40 дБ, на коротких — 46 дБ. Ослабление сигнала зеркального канала на средних волнах —26 дБ, на коротких —16—18 дБ.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ) обеспечивает изменение напряжения на выходе радиоприемников не более чем на 6 дБ при изменении напряжения входного сигнала на 26 дБ. Промежуточная частота обоих приемников 465 кГц. Полоса пропускания ПЧ тракта — 8—10 кГц.

Номинальная выходная мощность усилителей НЧ — 150 мВт при коэффициенте нелинейных искажений не более 2%. Полоса рабочих частот от 100 до 10 000 Гц. Неравномерность частотной характеристики ±1 дБ. Работают радиоприемники на громкоговорители 0,1ГД-6.

Оба приемника могут питаться от аккумуляторной батареи 7Д-0,1, от батарей «Крона-1Л» и «Крона-ВЦ». Ток, потребляемый ими в режиме молчания, не превышает 5—6 мА. Работоспособность приемников сохраняется при снижении напряжения источников питания до 5 В.

Размеры радиоприемников 33×82×133 мм, вес с источниками питания 350 г.

Принципиальная схема радиоприемника с пьезокерамическим фильтром приведена на рис. 1. Она разработана на базе схемы высокочастотной части (включая каскады усиления ПЧ и детектор) промышленного радиоприемника «Селга-402» (см. ж-л «Радио», 1970 г. № 12). Изменениям подверглись лишь входные цепи и фильтр сосредоточенной селекции. Во входных цепях используются одиночные контуры, состоящие из контурных катушек, подстроечных конденсаторов и секции конденсатора переменной емкости.

Смена диапазонов в приемнике достигается переключением подстроечных конденсаторов и контурных катушек: в СВ диапазоне параллельно секциям конденсатора переменной емкости подключаются элементы *C3L1* и *C8L5*; в КВ диапазоне — *C4L3* и *C10L7*. Одновременно переключаются и соответствующие катушки связи.

Связь входных цепей с преобразователем частоты индуктивная, с телескопической антенной — автотрансформаторная, а с наружной — емкостная. Наружная антенна

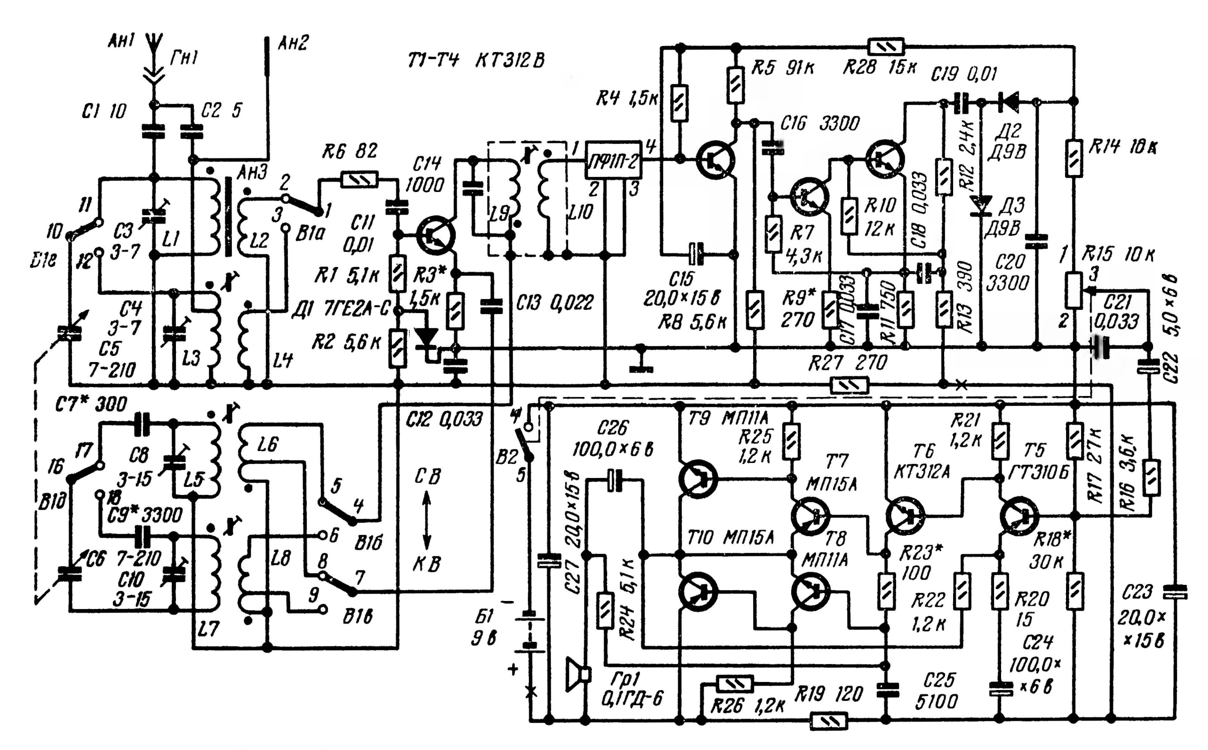


Рис. 1. Принципиальная схема радиоприемника с пьезокерамическим фильтром

в диапазоне СВ подключается к входным цепям через конденсатор *C1*, а в диапазоне КВ — через конденсатор *C2*.

Преобразователь частоты выполнен по схеме с совмещенным гетеродином на кремниевом транзисторе *T1*. Режим этого каскада по постоянному току стабилизирован опорным селеновым диодом *Д1*, включенным в цепь базы транзистора *T1*.

Напряжение сигнала с входного контура на базу транзистора преобразовательного каскада подается через резистор *R6* и конденсатор *C11*. Эта цепочка совместно с катушками *L2* или *L4* образует фильтр, защищающий преобразователь от проникновения на его вход сигналов с частотой телевизионных станций. Напряжение гетеродина поступает на эмиттер транзистора *T1* преобразователя частоты через конденсатор *C13*. Оптимальные условия преобразования частоты выполняются при напряжении гетеродина на эмиттере транзистора *T1* в диапазоне СВ —200—250 мВ, в диапазоне КВ —85—100 мВ.

В коллекторную цепь транзистора *T1* последовательно с обмоткой связи гетеродинного контура включен контур *L9C14*, настроенный на частоту 465 кГц. Полоса пропускания этого контура лежит в пределах 20—25 кГц на уровне 3 дБ. Контур согласует выходное сопротивление транзистора *T1* с низким входным сопротивлением пьезокерамического фильтра ПФ1П-2. Связь контура с фильтром индуктивная.

Усилитель ПЧ трехкаскадный. Первый каскад выполнен на транзисторе *T2* по схеме с общим эмиттером. Его режим по постоянному току определяется резисторами *R4*, *R5*, *R8*, *R28* и устанавливается резистором *R8*. Связь первого каскада с последующим — емкостная через переходной конденсатор *C16*. Два последующих каскада выполнены на транзисторах *T3*, *T4*, имеющих непосредственную связь друг с другом. Их режим определяется резисторами *R7*, *R9*, *R10*, *R11* и *R13* и регулируется резистором *R9*.

Усилитель ПЧ работает на детектор, собранный на диодах *Д2* и *Д3* по схеме удвоения напряжения.

Продетектированный сигнал через резисторы *R14* и *R15*, конденсатор *C22* и резистор *R16* поступает на вход усилителя НЧ. Постоянная составляющая продетектированного сигнала используется для работы системы АРУ. Напряжение АРУ с нагрузки детектора через фильтр *R28R4C15* подается на вход первого каскада усилителя

ПЧ. Резистор *R13* с последовательно включенными конденсаторами *C17*, *C18*, а также резистор *R27* с конденсатором *C12* образуют фильтры, развязывающие каскады приемника по цепям питания.

Усилитель НЧ четырехкаскадный. Выполнен он на шести транзисторах *T5—T10* с разной структурой. Транзисторы *T5* и *T6* работают в каскадах усиления напряжения, а *T7*, *T8* и *T9*, *T10* — в двухтактном каскаде усилителя мощности. Низкое выходное сопротивление усилителя мощности (порядка 3 Ом) позволило нагрузить его непосредственно на низкоомный динамический громкоговоритель 0,1 ГД-6 с сопротивлением звуковой катушки 10 Ом. Усилитель охвачен отрицательной обратной связью по постоянному и переменному току. Напряжение отрицательной обратной связи по постоянному току снимается с выхода усилителя и через резистор *R22* подается на эмиттер транзистора *T5*. Напряжение обратной связи по переменному току снимается с резистора *R20* и также подается на эмиттер транзистора *T5*. В усилителе имеется и положительная обратная связь, напряжение которой снимается с выхода усилителя НЧ и через резисторы *R24* и *R23* подается на базы транзисторов *T7*, *T8*.

Конструкция. Приемник собран в прямоугольном разъемном корпусе от промышленного радиоприемника «Алмаз», в котором пришлось заменить шкалу настройки. Новая шкала изготовлена из органического стекла толщиной 2 мм. Размеры шкалы остались прежними 18×130 мм.

Основные органы управления (регулятор громкости с выключателем и ручка настройки) выведены в имеющиеся в корпусе отверстия. Для установки телескопической антенны в верхней стенке корпуса сделано новое отверстие диаметром 8 *мм*, а в дне корпуса вырезано прямоугольное окно для ручки движка переключателя диапазонов. Изъят имеющийся в корпусе приемника «Алмаз» выступ с гнездом для подключения внешней антенны, так как это гнездо вынесено на общую монтажную плату.

Громкоговоритель установлен в имеющемся в верхней части корпуса углублении и с помощью двух гибких выводов из многожильного монтажного провода соединен с гнездом *Гр1* на монтажной плате приемника. Громкоговоритель крепится к корпусу двумя накладками, а монтажная плата — резьбовыми колонками.

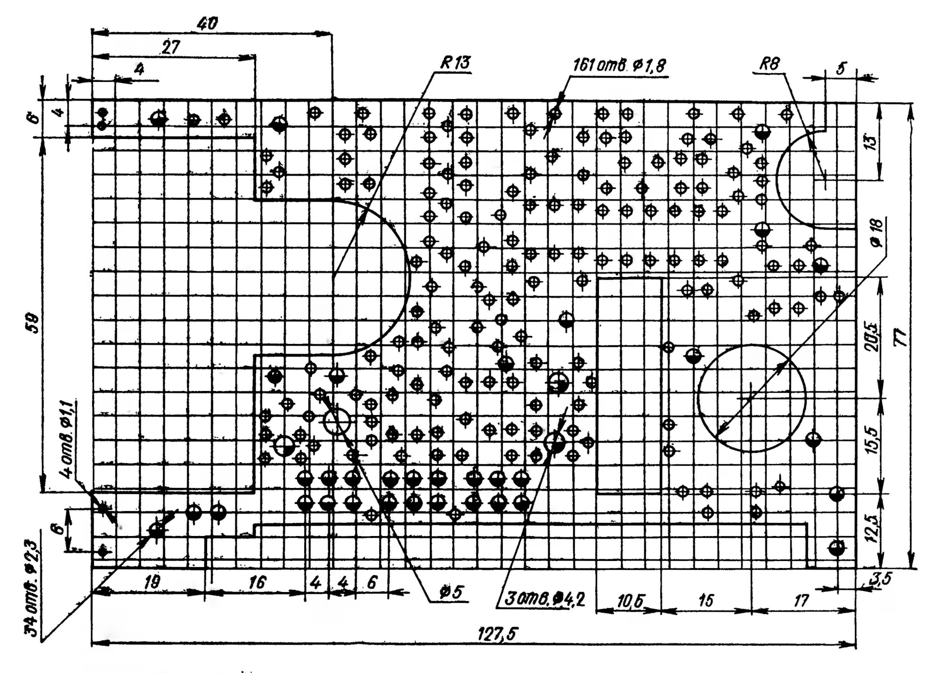


Рис. 2. Разметка монтажной платы приемника

Приемник смонтирован на монтажной плате, изготовленной из стеклотекстолита или гетинакса толщиной 1,5—2 мм. Разметка платы показана на рис. 2, ее производят согласно нанесенной сетке, размер ячеек которой 4×4 мм. В отверстия диаметром 1,8 мм устанавливают пустотелые пистоны, которые служат опорными точками при монтаже деталей. При отсутствии пустотелых пистонов для монтажных стоек можно использовать голый медный луженый провод диаметром 1 и длиной 4—5 мм. В этом случае все отверстия должны иметь диаметр 0,95 мм. Отрезки провода впрессовываются в отверстия так, чтобы их концы равномерно выступали с обеих сторон монтажной платы, при этом отверстия, предназначенные для установки выводов контурных катушек и электролитических конденсаторов, оставляют свободными.

В выемку с радиусом 8 мм устанавливают резистор регулятора громкости, в левую выемку с радиусом 13 мм — батарею питания и громкоговоритель, а в нижнюю — магнитную антенну. Прямоугольное окно служит для установки пьезокерамического фильтра, а отверстия диаметром 18 и 5 мм — для крепления блока конденсаторов переменной емкости и СВ контурной катушки гетеродина, соответственно. Прямоугольное окно и отверстие диаметром 5 мм желательно выполнить с учетом плотной посадки соответствующих деталей. Отверстия диаметром 2,3 мм, расположенные в два ряда в нижней части платы, служат для установки выводов контактов переключателя диапазонов, который крепится к плате с помощью четырех медных заклепок. К отверстиям диаметром 1,1 *мм* с помощью латунных или медных заклепок крепят хомутики *5* и *6* (рис. 6) для установки телескопической антенны. Все остальные отверстия диаметром 2,3 мм — крепежные. В них, в частности, с помощью винтов 5М2×6 крепят блок конденсаторов переменной емкости, стойки *1* и *4* для магнитной антенны, хомутики *5* и *6* для телескопической антенны и колонки *7*. Расположение деталей на монтажной плате приемника показано на рис. 3, а вид со стороны монтажных соединений — на рис. 4.

Для более полного показа монтажных соединений ручка управления и шкив верньерного устройства на рисунке отсутствуют. Эти детали устанавливают непосред-

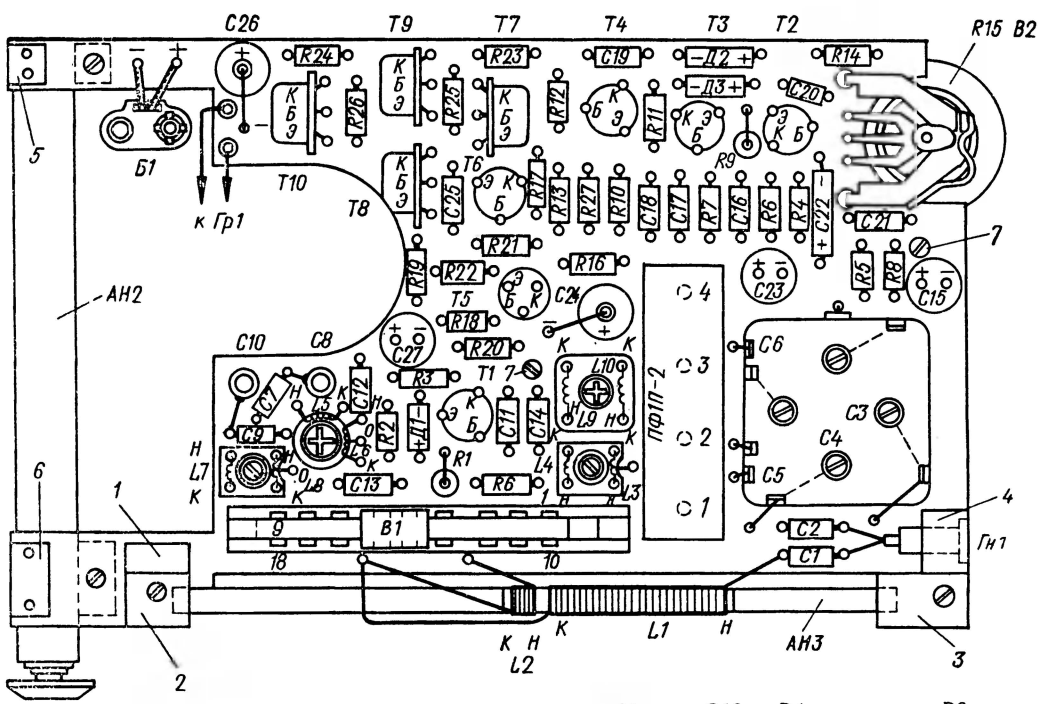


Рис. 3. Размещение деталей на монтажной плате. Между *C16* и *R4* — резистор *R8*, рядом с *C15* — резистор *R28*

2 Зак. 456

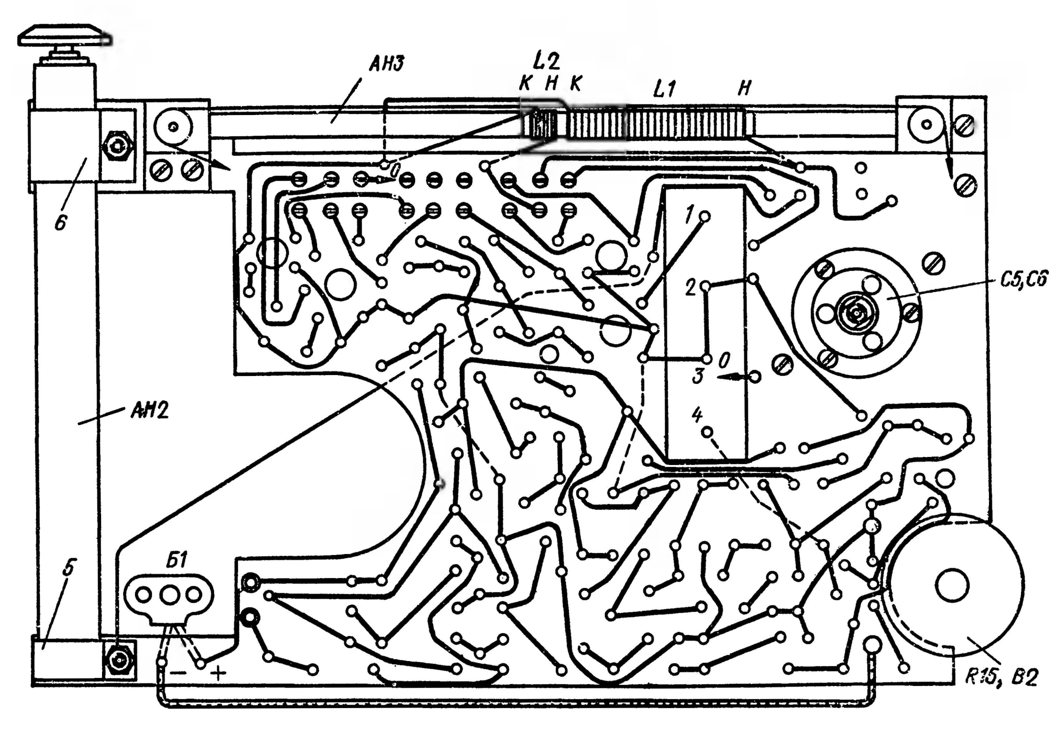


Рис. 4. Вид платы со стороны монтажных соединений

ственно на ось ротора блока конденсаторов переменной емкости *C5, C6,* причем шкив располагают снизу. Замкнутый тросик верньерного устройства выполнен из капроновой нити или лески. Он проходит по правому и левому направляющим роликам и в полтора витка охватывает шкив. Необходимое натяжение тросика достигается с помощью тонкой спиральной пружины. Стрелку-индекс жестко крепят к тросику. Ее ход около 60 *мм.*

Детали. Большая часть используемых в приемнике деталей — промышленного изготовления. К ним относятся: корпус приемника, динамический громкоговоритель, магнитная антенна из феррита марки 600НН размерами 8×20×100 мм, батарея 7Д-0,1, колодка подключения питания, блок конденсаторов переменной емкости от радиоприемника «Нева-2», регулятор громкости с выключателем питания СП3-3б, гнездо для подключения внешней антенны от приемника «Алмаз», пьезокерамический фильтр ПФ1П-2, катушки контура ПЧ *L9, L10* и телескопическая антенна. Последняя выполнена из секций телескопического штыря комнатной телевизионной антенны. Ее секции разрезают пополам, обрабатывают до нужных размеров и вновь собирают. Таким образом из одного штыря изготавливают две телескопические антенны с наибольшим диаметром 8 мм и длиной около 400 мм. Кроме указанных выше, в приемнике применены следующие детали: резисторы УЛМ-0,12, МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25; конденсаторы *C1, C2, C7, C9, C16, C20* — КТ-*1а; C14*—ПМ-1а, *C11, C12, C13, C17, C18, C19, C21, C25*—КЛС; *C15, C23, C27*—К50-6; *C24, C26*—К53-1 и *C22*—ЭММ; диоды *Д1*—7ГЕ2А-С; *Д2, Д3*—Д9В.

Режимы по постоянному току использованных в приемнике транзисторов, приведены в табл. 1.

Имеются в приемнике и самодельные детали: переключатель диапазонов, детали крепления антенн и монтажной платы, детали верньерного устройства. Конструкция и детали переключателя диапазонов показаны на рис. 7. Переключатель состоит из двух гребенок с пластинчатыми контактами и движка с неподвижными контактными пластинами. Перемещением движка в одно из двух положений достигается одновременная коммутация шести направлений. Движок *1* переключателя изготавливают из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм методом травления или механическим спосо-

Таблица 1

Обозначение по схеме	$B_{ст}$	Напряжения на электродах, *В*		
		$U_э$	$U_к$	$U_б$
Т1	40—60	0,9	7,6	1,3
Т2	60—80	—	4,2	0,6
Т3	60—80	0,2	1,4	0,75
Т4	60—80	0,8	5,2	1,4
Т5	80—100	—5,2	—8,5	—4,0
Т6	40—60	—9,0	—4,5	—8,5
Т7	30—40	—4,5	—8,8	—4,5
Т8	30—40	—4,5	—0,2	—4,5
Т9	30—40	—9,0	—4,5	—8,8
Т10	30—40	—	—4,5	—0,2

Примечание. Напряжения на электродах транзисторов *Т5—Т10* изменены прибором *ТТ-1* относительно положительного полюса источника питания, а транзисторов *Т1—Т4* — относительно отрицательного.

бом, вырезая перочинным ножом отдельные участки фольги. Оставшиеся с обеих сторон контакты должны быть расположены строго симметрично. Планки гребенок также изготавливают из стеклотекстолита толщиной 3 мм. Общие большие контакты *3* и малые контакты *4* вырезают из твердой листовой латуни или бронзы. Для надежного контакта пластины желательно посеребрить или, в крайнем случае, облудить. Всю сборку переключателя производят с помощью медных или латунных заклепок диаметром 1 мм.

Вместо предлагаемого переключателя можно использовать и готовый — фабричный, например, от радиоприемников «Рига-301А», «Рига-301Б», «Сокол», «Сокол-2», «Нева-2» и «Селга». Переключатели первых четырех приемников не требуют никаких переделок. У переключателей же от приемников «Нева-2» и «Селга» один из флажков следует переставить на новое место, в имеющиеся запасные отверстия. При использовании промышленных переключателей следует иметь в виду, что взаимное расположение их контактных групп может несколько отличаться от расположения отверстий на мотажной плате (см. рис. 2); немаловажное значение имеет и расположе-

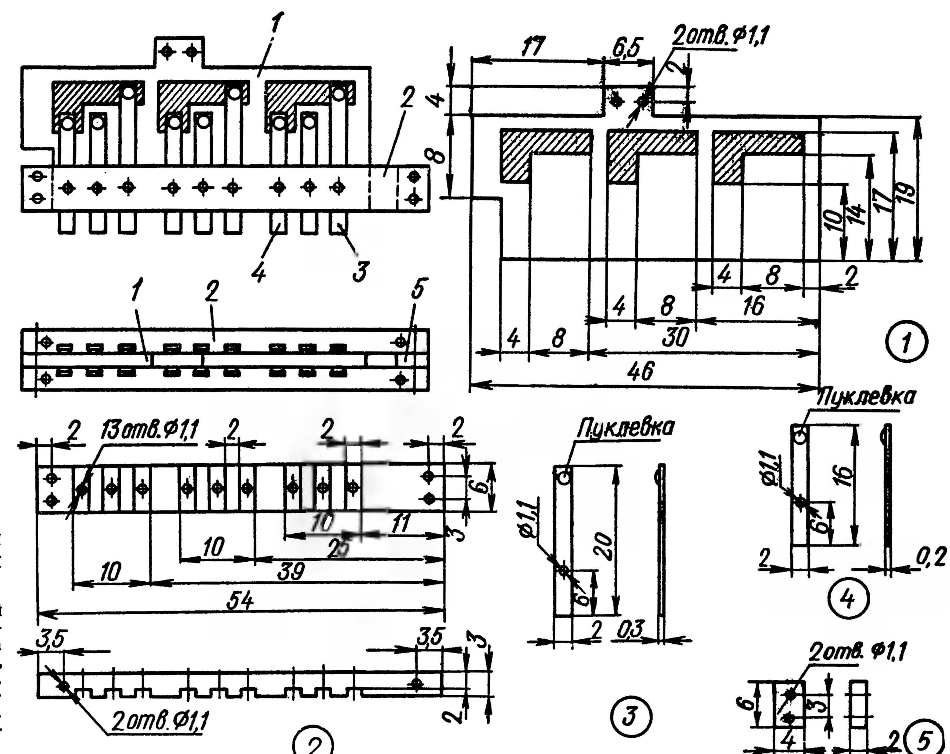


Рис. 5. Конструкция и детали переключателя диапазонов

1 — движок, двусторонний фольгированный стеклотекстолит, 1 шт.; *2* — планка гребенки, стеклотекстолит, 2 шт.; *3* — большой контакт, латунь ЛС-49, 6 шт.; *4* — малый контакт, латунь ЛС-49, 12 шт; *5* — вкладыш, стеклотекстолит, 2 шт.

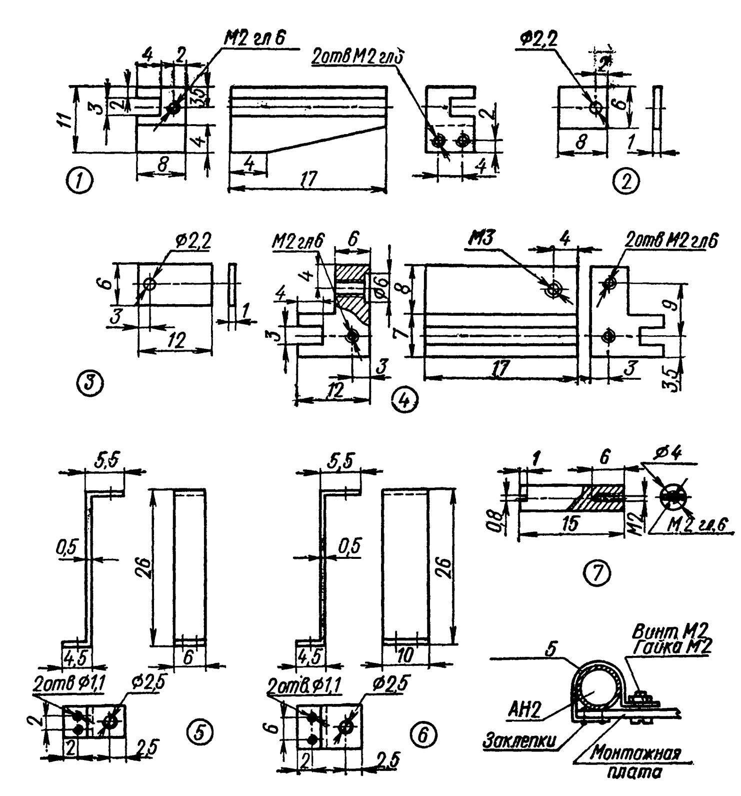


Рис. 6. Детали крепления антенны и монтажной платы

1 — стойка левая, органическое стекло, 1 шт.; *2* — накладка, латунь Л-62, 1 шт.; *3* — накладка, латунь Л-62, 1 шт.; *4* — стойка правая, органическое стекло, 1 шт.; *5* — хомутик верхний, латунь Л-62, 1 шт.; *6* — хомутик нижний, латунь Л-62, 1 шт.; *7* — колонка, дюралюминий Д-16Т, 2 шт.

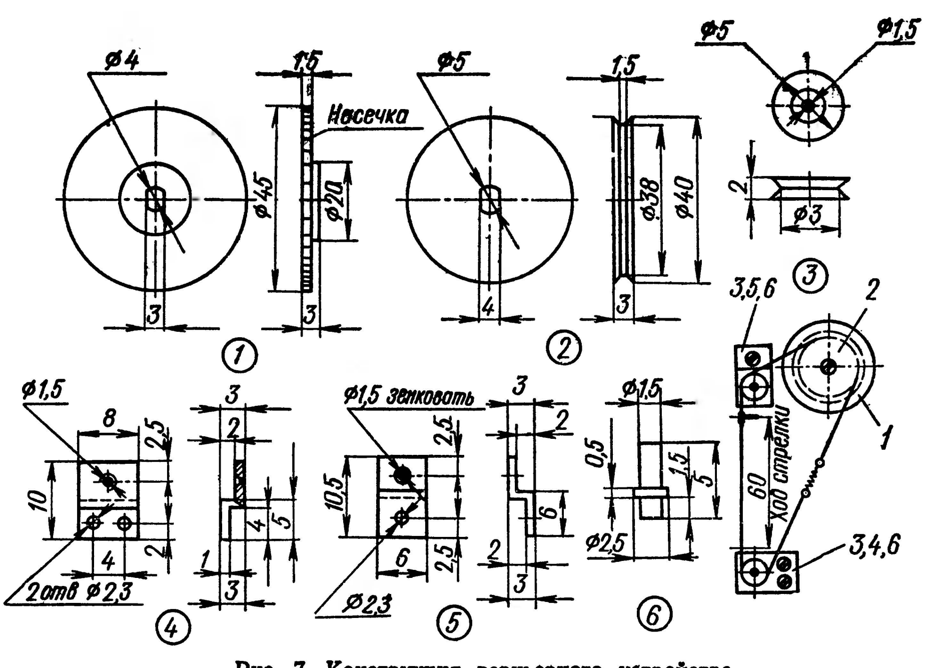


Рис. 7. Конструкция верньерного устройства

1 — ручка управления, органическое стекло, 1 шт.; *2* — шкив, органическое стекло, 1 шт.; *3* — ролик, латунь Л-62, 2 шт.; *4* — упор левый, латунь Л-62, 1 шт.; *5* — упор правый, латунь Л-62, 1 шт.; *6* — ось, сталь СТ. 10, 2 шт.

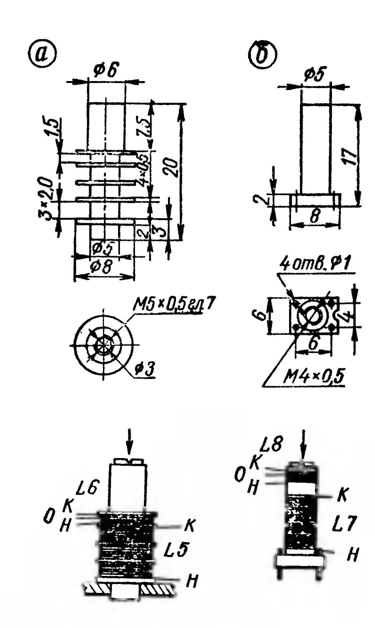


Рис. 8. Конструкция контурных катушек

а — каркас катушки *5*; *б* — каркас катушек *3* и *7*.

ние общего контакта в каждой группе, и может потребоваться перепайка некоторых монтажных соединений, подведенных к переключателю диапазонов.

Детали крепления антенн и монтажной платы показаны на рис. 6. Они достаточно просты в изготовлении и в дополнительном пояснении не нуждаются. О конструкции верньерного устройства уже говорилось выше, а его детали приведены на рис. 7.

Гетеродинная катушка СВ диапазона намотана на стандартном каркасе от любого промышленного радиоприемника, например «Спидола», «Соната», «ВЭФ-12» и др. При отсутствии готового каркаса его можно изготовить самостоятельно в соответствии с эскизом, приведенным на рис. 8, *а*. Входная и гетеродинная катушки КВ диапазона намотаны на каркасах коротковолновых катушек радиоприемника «Спорт-2». Можно использовать и самодельные каркасы, показанные на рис. 8, *б*. Намоточные данные катушек приведены в табл. 2.

Катушки *L1* и *L2* намотаны на сердечнике из феррита М600НН размером 3×20×100 мм; катушки *L3, L4* и *L7, L8* — на каркасах диаметром 5 мм и длиной 15 мм с карбонильным сердечником М4; катушки *L5, L6* и *L9, L10* — на трехсекционных каркасах с сердечником из феррита М600НН диаметром 2,8 мм и длиной 12 мм.

Блок конденсаторов переменной емкости двухсекционный, от радиоприемника «Нева-2». Каждая секция этого конденсатора обеспечивает перекрытие по емкости в пределах 7—210 пФ. Конденсатор имеет верньерное устройство с замедлением 1:3 и четыре подстроечных конденсатора с перекрытием по емкости от 3 до 7 пФ. Однако в опи-

Таблица 2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность, мкГ
L1	75	ЛЭ 5 × 0,06	510
L2	8	ПЭВ-2 0,12	—
L3	5 + 16	ПЭВ-2 0,23	2,5
L4	3	ПЭЛШО 0,15	—
L5	34+34+34,5	ЛЭ 5 × 0,06	250
L6	3,5 + 6	ПЭЛШО 0,1	—
L7	20	ПЭВ-2 0,33	2,3
L8	1,5+3	ПЭЛШО 0,15	—
L9	35 + 35	ПЭВ-2 0,12	120
L10	35	ПЭВ-2 0,12	—

сываемом приемнике используются только два (*С3* и *С4*) подстроечных конденсатора для входных цепей.

Вместо блока конденсаторов переменной емкости КПЕ-3 от радиоприемника «Нева-2» можно использовать блоки конденсаторов и от других приемников, например, «Топаз-2», «Сокол», «Планета» и «Киев-7».

Для гетеродинных цепей обоих диапазонов применены самодельные конденсаторы *С8, С10* емкостью от 3 до 15 пФ. Они представляют собой отрезки провода ПЭВ-2 диаметром 2,5 и длиной 10—12 мм с надетыми на них трубочками из жести такой же длины. Нижний конец провода заточен на длину 2 и диаметр 1,5 мм и впаян в опорную точку, соединенную с общим плюсовым проводом гетеродина (см. рис. 5 и 6). К трубочке подпаян небольшой отрезок гибкого монтажного провода в изоляции, другой конец которого присоединен к соответствующей опорной стойке. Подстраивается конденсатор перемещением трубочки по стержню. Контакт между этими деталями исключается, поэтому после сборки необходимо проверить отсутствие короткого замыкания между ними по всей длине перемещения. После настройки трубочку приклеивают к стержню каплей клея БФ.

Принципиальная схема радиоприемника с фильтром сосредоточенной селекции приведена на рис. 9. В отличие от радиоприемника с пьезокерамическим фильтром

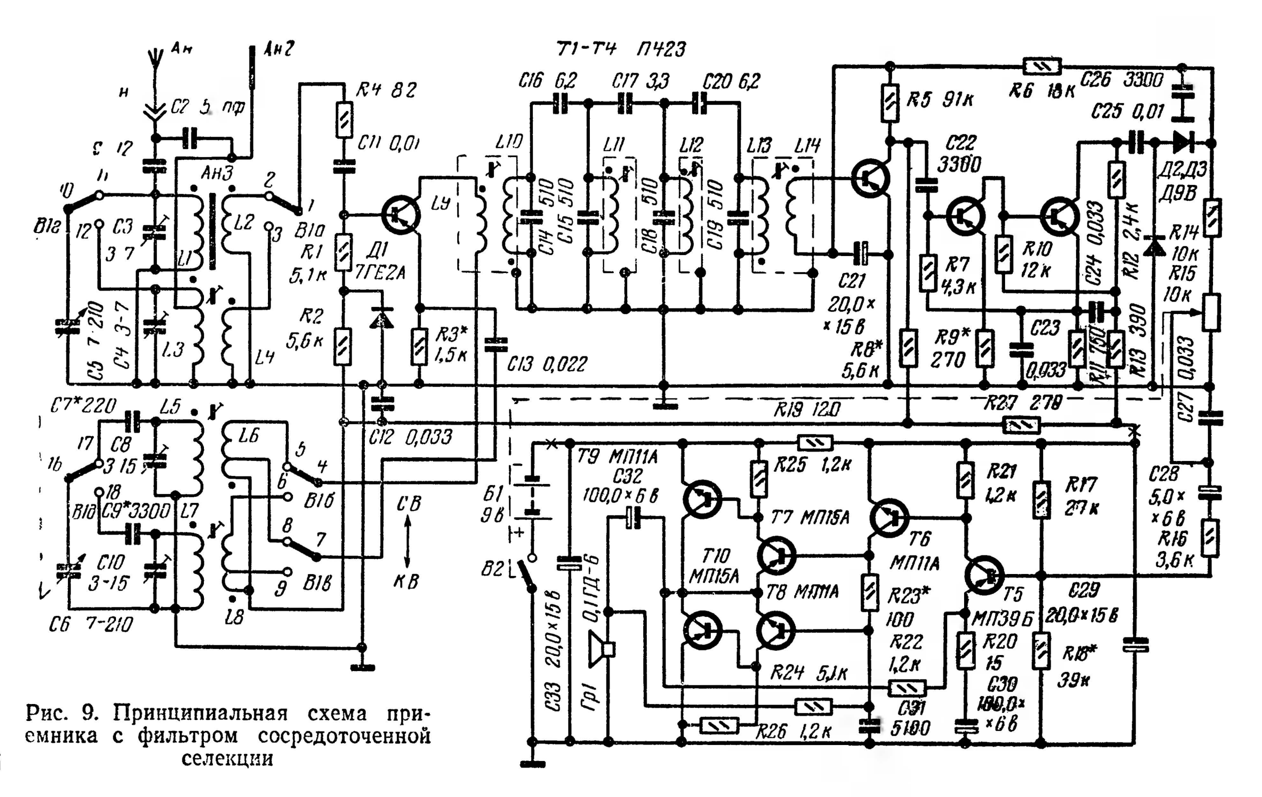


Рис. 9. Принципиальная схема приемника с фильтром сосредоточенной селекции

его высокочастотная часть (включая каскады усиления ПЧ) выполнена на германиевых транзисторах *T1-T4* с *p-n-p* структурой. Кроме того, вместо пьезокерамического фильтра с согласующим контуром здесь использован четырехконтурный фильтр сосредоточенной селекции от радиоприемника «Соната» *L9L10C14—L11C15—L12C18—L13L14C19* с конденсаторами связи *C16, C17, C20*. Полоса пропускания ФСС примерно 8 кГц на уровне 6 дБ. Связь ФСС с коллекторной цепью транзистора *T1* и с базовой цепью транзистора *T2* (первого каскада усилителя ПЧ) трансформаторная. Намоточные данные катушек контуров ФСС приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность мкГ
*L*9	10 × 3	ПЭЛШО 0,1	—
*L*10	33 × 3	ЛЭ 5 × 0,06	240
*L*11	33 × 3	ЛЭ 5 × 0,06	240
*L*12	33 × 3	ЛЭ 5 × 0,06	240
*L*13	33 × 3	ЛЭ 5 × 0,06	240
*L*14	5	ПЭЛШО 0,1	—

Все катушки намотаны на трехсекционных каркасах, помещенных в ферритовые сердечники Б9. Катушка *L9* на одном каркасе с *L10*, а *L13*—с *L14*. Подстроечные сердечники диаметром 2,8 и длиной 12 мм. Марка феррита 600НН.

Принципиальное отличие схемы радиоприемника с ФСС от схемы приемника с пьезокерамическим фильтром состоит еще и в том, что здесь резистор *R19* развязывающего фильтра *R19, C29* подключен не к положительному, а к отрицательному полюсу источника питания. Изменена также полярность включения диодов *Д1, Д2* и *Д3*, конденсаторов *C21* (*C15* на рис. 1) и *C28* (*C22* на рис. 1), нижнего вывода резистора *R15* и начал катушек *L6* и *L8*. Имеются изменения в цепях питания. В остальном принципиальные схемы радиоприемников идентичны.

Конструкция. Приемник смонтирован на монтажной плате, разметка которой приведена на рис. 10. Ее основ-

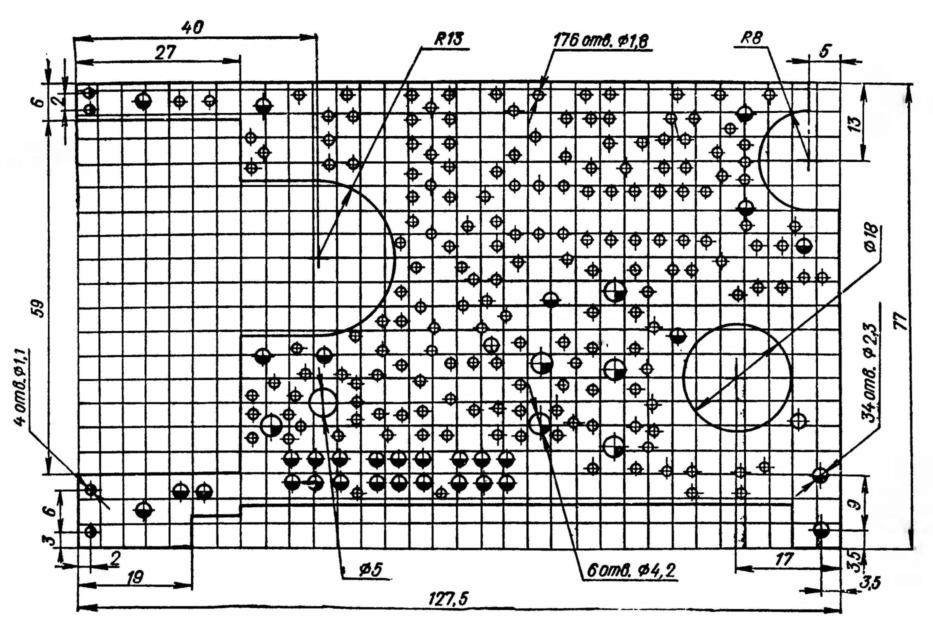


Рис. 10. Разметка монтажной платы приемника

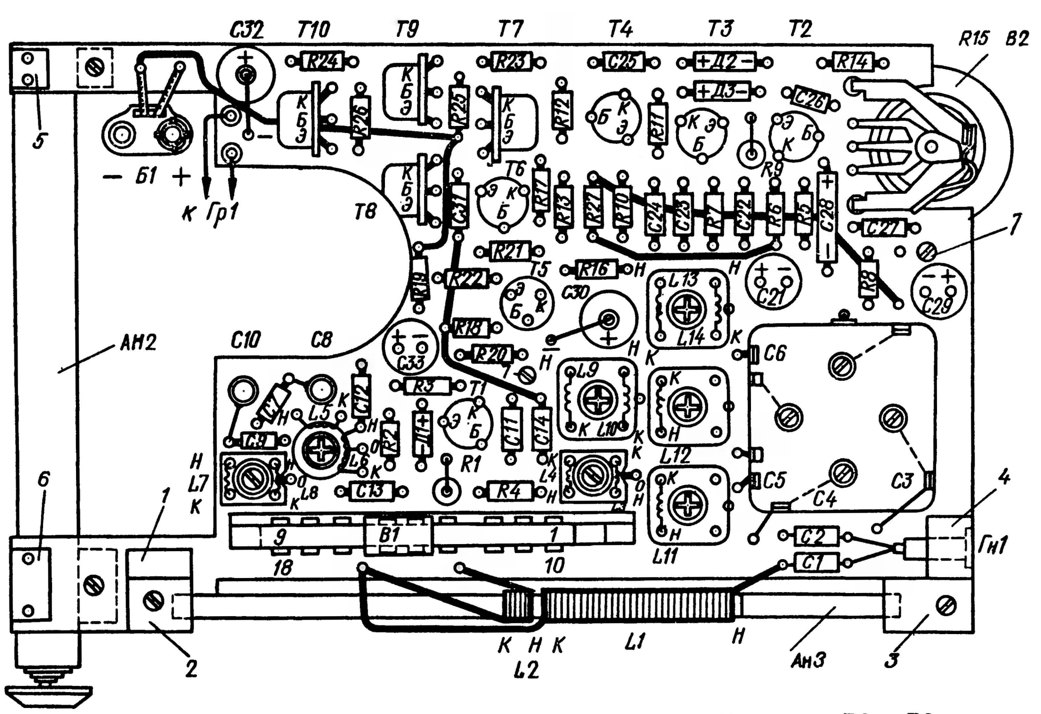


Рис. 11. Размещение деталей на монтажной плате приемника. Резисторы R6 и R8 поменять местами

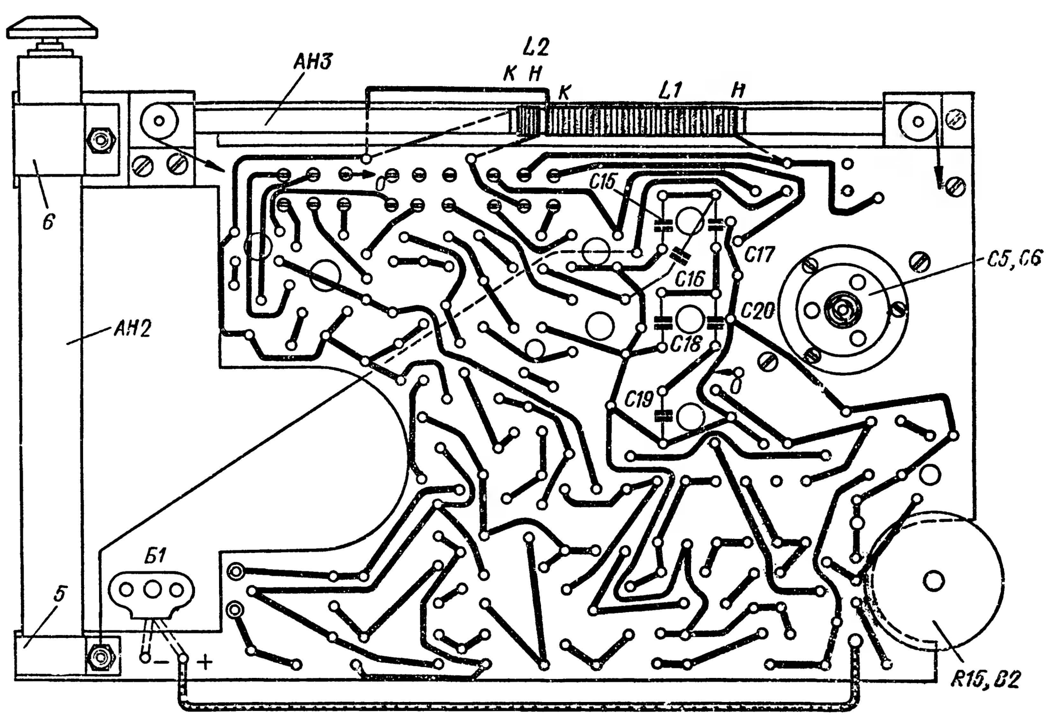


Рис. 12. Вид платы со стороны монтажных соединений

ные размеры остались прежними. Лишь вместо окна для установки пьезокерамического фильтра здесь необходимо сделать отверстия для ФСС (уточняют согласно рисунку). Расположение деталей на этой плате показано на рис. 11, а вид со стороны монтажных соединений — на рис. 12.

Детали. В этом приемнике используют те же детали (кроме ФСС и упомянутых выше транзисторов), что и в описанном выше. Изменяются лишь данные катушек *L9* и *L10*. Они приведены в табл. 3. Режимы использованных в приемнике транзисторов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Обозначение по схеме	$B_{ст}$	Напряжение на электродах, В		
		$U_э$	$U_к$	$U_б$
T1	40—60	0,9	7,6	1,25
T2	60—80	—	4,2	0,6
T3	60—80	0,2	1,35	0,75
T4	60—80	0,8	5,2	1,35
T5	80—100	4,5	8,8	3,7
T6	40—60	9,0	4,5	8,8
T7	30—40	4,5	8,8	4,5
T8	30—40	4,5	0,2	4,5
T9	30—40	9,0	4,5	8,8
T10	30—40	—	4,5	0,2

Примечание. Напряжения измерены прибором ТТ-1 относительно плюса батареи питания.

Налаживание приемников. Налаживание супергетеродинного приемника лучше всего производить с помощью специальной контрольно-измерительной аппаратуры, что, безусловно, дает лучшие результаты, чем налаживание без приборов. Для налаживания приемников достаточно иметь такие приборы, как авометр ТТ-1 или Ц-20: генератор стандартных сигналов ГСС-6 или Г4-18А; ламповый вольтметр, милливольтметр или измеритель выхода любого типа с достаточно высоким входным сопротивлением, звуковой генератор Г3-2 или элек-

тронный пробник и электронный осциллограф С1-1 или С1-2.

Налаживание начинают с проверки режимов по постоянному току. К гнездам *Гр1* подключают тот громкоговоритель (или эквивалент нагрузки), который будет установлен в приемнике, а к гнездам питания — свежую батарею. В первую очередь проверяют ток, потребляемый приемником. С этой целью в разрыв плюсовой цепи питания приемника с ПФ1П-2 или минусовой цепи приемника с ФСС (на принципиальной схеме место разрыва обозначено крестиком) подключают миллиамперметр постоянного тока со шкалой 10-20 мА и включают питание. Если в приемнике использованы заведомо исправные детали и нет ошибок в монтаже, то миллиамперметр должен зафиксировать ток покоя, не превышающий 5—6±±20% мА. Убедившись в этом, миллиамперметр отключают и приступают к налаживанию усилителя НЧ. Сначала проверяют симметрию плеч выходного каскада. Для этого между коллекторами транзисторов *Т9, Т10* и общим плюсовым проводом включают вольтметр постоянного тока со шкалой 5—10 В. Затем, включив источник питания, подбирают сопротивление резистора *R18* так, чтобы вольтметр зафиксировал половину напряжения источника питания, т. е. 4,5 В. При этом режим транзисторов *Т5* и *Т6* устанавливается автоматически и подбора других резисторов не требует. Резистор *R23* устраняет искажения типа «ступенька». При увеличении его сопротивления нелинейные искажения уменьшаются, но снижается термостабильность и возрастает ток покоя усилителя. Подбирая сопротивление этого резистора, устанавливают также напряжение на базах транзисторов *Т7, Т8* выходного каскада. Оно должно быть одинаковым и лежать в пределах 4,3—4,4 В. При установке тока покоя усилителя и напряжения смещения на базах транзисторов выходного каскада необходимо сделать разрыв в цепи питания приемника в точке, обозначенной на приниципиальной схеме крестиком, вблизи резистора *R13*, и в разрыв цепи батареи питания включить миллиамперметр постоянного тока со шкалой 5 мА. Затем, подбирая сопротивление резистора *R23*, добиться показания прибора 1,2—1,3 мА и одинакового напряжения смещения на базах транзисторов *Т7* и *Т8*. На этом налаживание усилителя НЧ по постоянному току заканчивают и восстанавливают разор-

ванные цепи. При проверке усилителя на его вход (при замкнутом накоротко резисторе *R16)* через разделительный конденсатор *C22* (рис. 1) или *C28* (рис. 9) с звукового генератора подают сигнал частотой 1000 Гц такой величины, чтобы высокоомный ламповый вольтметр, подключенный параллельно звуковой катушке громкоговорителя или эквивалента нагрузки, показывал напряжение около 0,1В, что соответствует выходной мощности 100 мВт на нагрузке 10 Ом. При этом на экране осциллографа должна наблюдаться неискаженная синусоида (без отсечек).

Закончив налаживание усилителя НЧ, приступают к проверке режимов по постоянному току остальных каскадов приемника. Их устанавливают в соответствии с данными, приведенными в табл. 1 и 4. Необходимую регулировку режимов производят, подбирая резисторы нужного сопротивления *R9* (для *T3* и *T4*), *R8* (для *T2*) и *R3* (для *T1*).

Проверив режимы транзисторов, приступают к настройке контуров ПЧ, установке границ диапазонов гетеродинных контуров и сопряжению входных и гетеродинных контуров.

Для настройки контуров ПЧ используют любой указанный выше измеритель выходного напряжения и ГСС. Измеритель выхода подключают параллельно звуковой катушке громкоговорителя, регулятор громкости устанавливают в положение максимальной громкости, включают питание и на базу транзистора T1 от ГСС через разделительный конденсатор емкостью 0,05-0,1 мкФ подают сигнал с частотой 465 кГц, модулированный частотой 1000 Гц при глубине модуляции 30%. Контур *L9C14* в приемнике с ПФ1П-2 настраивают в резонанс с помощью подстроечного сердечника катушки. Момент резонанса определяется по максимуму выходного напряжения; напряжение, подаваемое от ГСС, при этом должно быть минимальным. Фильтр сосредоточенной селекции настраивают с помощью сердечников катушек *L13, L12, L11* и *L10* также по максимуму показаний измерителя выхода. Причем подстройку указанных катушек производят неоднократно — до получения оптимального выходного напряжения. При правильно настроенном тракте ПЧ усилитель НЧ должен развивать мощность 100—150 мВт при напряжении генератора 10—15 мкВ.

Окончательное налаживание приемников начинают с настройки контуров гетеродина, т. е. с установки границ перекрываемых ими диапазонов. Крайние частоты рабочих диапазонов гетеродинных контуров для СВ диапазона будут составлять 980—2070 кГц, а для КВ —6555—12 565 кГц.

Установка границ диапазона СВ гетеродинного контура производится в такой последовательности. Параллельно звуковой катушке громкоговорителя подключают индикатор выхода. Регулятор громкости устанавливают в положение максимальной громкости, а переключатель диапазонов — в положение СВ. Сигнал-генератор с помощью витка связи, присоединенного к делительной головке, связывают с магнитной антенной приемника. Блок конденсаторов переменной емкости устанавливают в положение максимальной емкости, а ГСС настраивают с некоторым запасом на нижнюю граничную частоту устанавливаемого диапазона, т. е. на частоту 500 кГц при частоте модуляции 1000 Гц и глубине 30%. Во избежание маскирующего действия АРУ напряжение сигнала от ГСС должно быть как можно меньшей величины. Затем, вращая подстроечный сердечник катушки гетеродина *L5*, находят два таких его положения, при которых напряжение на выходе приемника максимально. Одно максимальное значение (при незначительно введенном сердечнике) будет соответствовать основной частоте настройки контура гетеродина, другое (при значительно введенном сердечнике) — частоте зеркального канала. Необходимо помнить, что контур гетеродина должен быть настроен в резонанс с основной частотой при незначительно введенном подстроечном сердечнике.

Далее блок конденсаторов переменной емкости устанавливают в положение минимальной емкости, а ГСС настраивают на верхнюю граничную частоту диапазона СВ, т. е. на частоту 1700 кГц.

С помощью подстроечного конденсатора *С8* добиваются максимального выходного напряжения. Если с помощью этого конденсатора не удается принять сигнал ГСС, то, перестроив генератор, определяют частоту настройки контура. Недостаточное перекрытие контура гетеродина по частоте говорит о том, что катушка *L5* имеет малую индуктивность или блок конденсаторов переменной емкости — малое перекрытие по емкости. В этом

случае необходимо или увеличить число витков катушки *L5*, или заменить блок конденсаторов переменной емкости на другой, с большим отношением минимальной и максимальной емкости. После проведенных переделок уточняют перекрытие контура по частоте, которое с учетом однопроцентного расширения в начале и конце диапазона должно быть в пределах от 500 (при максимальной емкости блока конденсаторов) до 1700 кГц (при минимальной емкости этого блока).

Если во время настройки контура гетеродина окажется, что диапазон его смещен в сторону высших частот (например, 600—1800 кГц), необходимо увеличить емкость последовательного (сопрягающего) конденсатора *C7*. Если же диапазон смещен в сторону низших частот, то емкость этого конденсатора следует уменьшить. Естественно, что после замены конденсатора необходимо вновь установить границы диапазона гетеродинного контура.

Методика установки границ диапазона гетеродинного контура на КВ мало чем отличается от методики установки границ СВ диапазона гетеродинного контура. Разница здесь состоит лишь в том, что напряжение от ГСС в КВ диапазоне подается непосредственно на вход приемников, на гнездо для подключения штыревой антенны через разделительный конденсатор. Емкость этого конденсатора (в пикофарадах) зависит от длины телескопического штыря, используемого в приемнике, и ориентировочно принимается равной длине штыря (в дм). Так, например, если в приемнике используется штырь длиной 40 см, то эквивалентная емкость согласующего конденсатора должна быть 4,3—5,1 пФ.

Нижняя граничная частота (при максимальной емкости блока конденсаторов переменной емкости) с учетом однопроцентного расширения для гетеродинного контура диапазона КВ будет составлять 5 мГц 940 кГц, верхняя (при минимальной емкости блока) — 12 МГц 120 кГц. В первом случае подстройку производят подстроечным сердечником катушки *L7*, во втором — подстроечным конденсатором *C10*. В случае смещения диапазона в ту или другую сторону подбирают емкость сопрягающего конденсатора *C9*.

Настроив контур гетеродина обоих диапазонов, приступают к сопряжению входных и гетеродинных контуров

в начале, в середине и в конце диапазона. На всех остальных частотах может наблюдаться некоторое расхождение настроек в пределах полосы пропускания входного контура, что не приводит к заметному снижению чувствительности приемника.

При точно подобранной емкости сопрягающего конденсатора и правильно установленных границах диапазона контура гетеродина сопряжение входных контуров производят в двух точках каждого диапазона, соответствующих граничным частотам F_1 и F_2, а сопряжение в середине диапазона $F_{ср}$ получается как результат расчета и установки частот F_1 и F_2. Частота $F_{ср}$ служит лишь для контроля правильности выбора элементов сопряжения и, в частности, емкости сопрягающего конденсатора.

Определить расчетные точки точного сопряжения можно двумя способами. Первый способ (ориентировочный) заключается в том, что нижнюю частоту точного сопряжения выбирают на 5—10% выше минимальной частоты диапазона, а верхнюю — на 2—5% ниже максимальной частоты. Таким образом для диапазона СВ нижняя частота точного сопряжения будет 570 кГц, верхняя — 1560 кГц и средняя — 1000 кГц.

Пользуясь вторым наиболее точным (расчетным) способом, эти частоты можно найти из следующих выражений.

Частота сопряжения в середине диапазона:

$$F_{ср} = \frac{F_{макс} + F_{мин}}{2},$$

где: $F_{макс}$ и $F_{мин}$ — высшая и низшая частоты диапазона.

Частота сопряжения в начале диапазона:

$$F_1 = F_{ср} - 0{,}433\ (F_{макс} - F_{мин}).$$

Частота сопряжения в конце диапазона:

$$F_2 = F_{ср} + 0{,}433\ (F_{макс} - F_{мин}).$$

Подставив нужные числовые значения, легко найти, что для диапазона средних волн частотами точного сопряжения будут:

$$F_{ср} = 1060\ кГц;\ F_1 = 592{,}36\ кГц;\ F_2 = 1527{,}64\ кГц.$$

Само сопряжение контуров ведут в следующем порядке. Переключатель диапазонов устанавливают в положе-

ние СВ. Магнитную антенну слабо связывают с ГСС при помощи витка связи, подсоединенного к делительной головке, и от него подают на антенну сигнал с частотой F_1=590 кГц при частоте модуляции 1000 Гц и глубине 30%. Приемник конденсатором переменной емкости настраивают на частоту сигнала ГСС. Затем, перемещая катушку входного контура *L1* вдоль ферритового стержня антенны, настраивают входную цепь по максимальному напряжению на выходе приемника. Если при этом катушку входного контура придется сдвинуть на самый край ферритового стержня, то необходимо уменьшить ее индуктивность, отмотав несколько витков провода.

После сопряжения на частоте 590 кГц ГСС перестраивают на частоту 1520 кГц и, настроив приемник на эту частоту, подстроечным конденсатором *C3* добиваются максимального напряжения на выходе приемника.

По мере увеличения чувствительности приемника сигнал, подаваемый от ГСС, следует уменьшить, так как при большом сигнале трудно настроить приемник из-за действия АРУ (регулятор громкости во всех случаях должен находиться в положении, соответствующем максимальной громкости).

Сопряжение на верхней частоте может привести к нарушению сопряжения на нижней частоте, поэтому необходимо повторно произвести подстройку сопряжения на нижней частоте, а затем — вновь на верхней до получения точного сопряжения. Иногда эту операцию приходится повторять несколько раз.

Точность сопряжения в начале и конце диапазона (на частотах F_1 и F_2) проверяют, поднося к входному контуру индикаторные стержни из феррита и меди. Если сопряжение выполнено правильно, то в обоих случаях напряжение на выходе приемника должно падать. Если же (на частоте F_1) при поднесении ферритового стержня напряжение на выходе приемника увеличивается, то индуктивность катушки *L1* мала, и катушку необходимо сдвинуть ближе к центру магнитной антенны. Если напряжение на выходе приемника растет при поднесении медного стержня, то индуктивность велика, и катушку нужно сдвинуть ближе к краю антенны.

Проверка сопряжения на частоте F_2 производится аналогичным способом: если сигнал растет при поднесении к катушке ферритового стержня, то емкость подстроечно-

го конденсатора *C3* следует увеличить, а если сигнал увеличивается при поднесении медного стержня, то уменьшить. Добившись точного сопряжения, катушку входного контура закрепляют на ферритовом стержне каплей парафина или полистиролового клея и переходят к проверке сопряжения на средней частоте. Для этого ГСС перестраивают на частоту 1060 кГц. Приемник настраивают на частоту ГСС и проверяют точность сопряжения описанным выше способом. Если расстройка на средней частоте при одном и том же напряжении, подаваемом от ГСС, не превышает 1,3 (по выходному сигналу), то можно считать, что сопряжение выполнено удовлетворительно. Если расстройка имеет большее значение, то необходимо заменить последовательный (сопрягающий) конденсатор *C7* в контуре гетеродина. Требуемую емкость этого конденсатора можно определить, поднося ферритовый стержень к катушке входного контура. Если сигнал на выходе приемника увеличивается, то емкость сопрягающего конденсатора необходимо увеличить. Если же выходной сигнал увеличивается при приближении к входному контуру медного стержня, емкость этого конденсатора надо уменьшить. Естественно, что после изменения емкости сопрягающего конденсатора установку границ диапазона гетеродинного контура и процесс полного сопряжения придется произвести заново.

После настройки диапазона средних волн переходят к сопряжению входного и гетеродинного контура КВ диапазона. Методика определения основных точек сопряжения, соответствующих $F_{ср}$, F_1 и F_2, а также сам процесс сопряжения те же, что и для СВ диапазона. Сопряжение на нижней частоте (при максимальной емкости блока конденсаторов переменной емкости) здесь производят подстроечным сердечником катушки *L3*, а на верхней — подстроечным конденсатором *C4*.

После окончания настройки приемника необходимо отградуировать шкалу. Для этого под стрелкой-указателем верньерного устройства укрепляют определенных размеров полоску ватмана или миллиметровой бумаги и градуируют каждый диапазон в отдельности. Для удобства настройки приемника шкалу лучше всего отградуировать непосредственно в метрах. Для этого в первую очередь необходимо произвести пересчет метров (длин волн) в килогерцы для СВ и мегагерцы для КВ диапазо-

нов. Если, например, средневолновый диапазон предполагается отградуировать на 200, 300, 400, 500 и 570 м, то приемник нужно настраивать на частоты 1500, 1000, 750, 600 и 525 кГц соответственно. Подавая поочередно с ГСС сигналы этих частот, ручкой настройки приемника настраиваются на них по максимуму показаний измерителя выхода, подключенного параллельно звуковой катушке громкоговорителя, и на ватмане точкой или риской отмечают место расположения стрелки-указателя, соответствующее данной частоте (длине волны).

Градуировка КВ диапазона производится аналогично. Предположим, что он будет разбит на волны 25, 30, 40 и 50 м, тогда соответствующие им частоты будут равны 12,0; 10,0; 7,5 и 6,0 МГц. Естественно, что для градуировки могут быть выбраны и другие длины волн и соответствующие им частоты.

КОРОТКОВОЛНОВЫЙ КОНВЕРТЕР

И. Тормозов

Конвертер рассчитан на работу с радиоприемниками «Сокол», «Топаз-2» и «Старт-2». Он позволяет принимать программы радиовещательных станций в четырех растянутых диапазонах коротких волн: 11,6—12,0 МГц (25 м); 9,45—9,85 МГц (31 м); 7,0—7,4 МГц (41 м); 5,9—6,3 МГц (49 м).

Прием можно вести на телескопическую и наружную антенны или на кусок провода длиной 1,2—1,5 м.

Питается конвертер от батареи того радиоприемника, с которым он работает. Ток, потребляемый конвертером, не превышает 3 мА при напряжении источника питания 9 В.

Принципиальная схема конвертера приведена на рис. 1. Он состоит из преобразователя частоты с отдельным гетеродином и входного резонансного контура. Смесительный каскад преобразователя частоты собран на транзисторе *T1* и имеет на входе одиночный резонансный контур, состоящий из катушки индуктивности *L1* и конденсаторов *C2—C10*. При подключении к катушке *L1* кон-

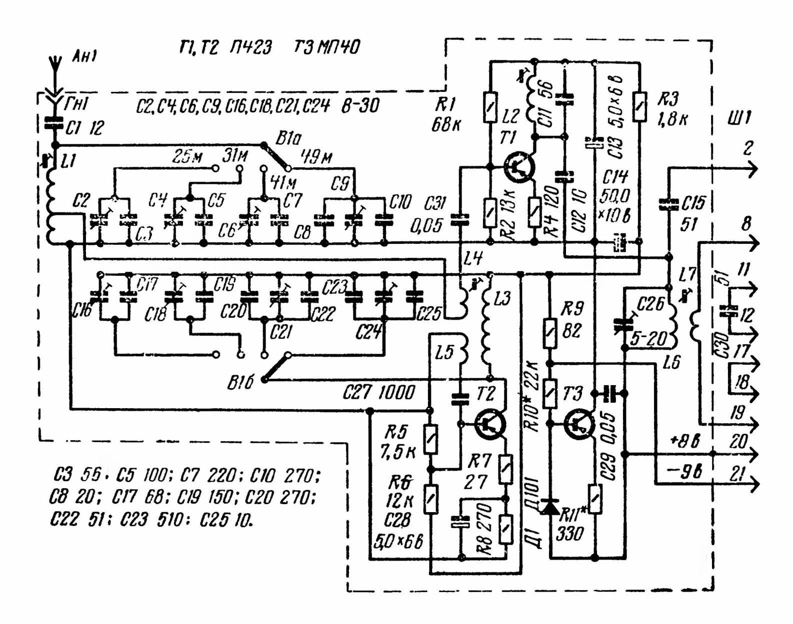


Рис. 1. Принципиальная схема конвертера

денсаторов *С2—С10* контуры настраиваются на средние частоты соответствующих поддиапазонов. Нагружен смеситель на широкополосный резонансный контур *L2, С11*, настроенный на частоту 1350 кГц, с полосой пропускания 450 кГц.

Гетеродин собран на транзисторе *Т2*. Частота генерируемых им колебаний постоянна и меньше минимальной частоты принимаемого сигнала на 1100кГц. Настройка на соответствующий поддиапазон производится при подключении к катушке *L3* конденсаторов *С16—С25*.

При приеме программ коротковолновых радиостанций важно исключить одновременный прием радиостанций СВ диапазона. Для этого в КВ диапазоне вместо магнитной антенны к приемнику подключается катушка *L6*, индуктивность которой эквивалентна индуктивности катушки СВ контура, размещенной на стержне магнитной антенны приемника. Катушка *L6* размещена внутри металлического корпуса конвертера, что исключает прием на нее сигналов СВ радиостанций. Подстройка нового СВ контура производится конденсатором *С26*. Конденсаторы

C15 и *C30* растягивают СВ диапазон приемника до 1100—1600 кГц.

Для повышения стабильности работы конвертера в нем предусмотрен экономичный стабилизатор напряжения, собранный на транзисторе *Т3* и диоде *Д1*.

Детали и конструкция. В конвертере использованы резисторы УЛМ или МЛТ, конденсаторы постоянной емкости КСО-1, КТК, ЭМ, МБМ, подстроечные конденсаторы КПКМ. В катушках *L1*, *L3*, *L4*, *L5* используются сердечники СЦР-1, а в катушках *L2, L6, L7* — СБ-12а. Намоточные данные контурных катушек приведены в таблице.

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность, *мкГ*
L1	2 + 13	ПЭЛ или ПЭВ 0,31	2
L2	100	ПЭВ 0,17	200
L3	15	ПЭВ 0,31	2
L4	1,5	ПЭЛШО 0,12	—
L5	1,5	ПЭЛШО 0,12	—
L6	135	ПЭВ 0,17	320
L7	10	ПЭЛШО 0,12	—

Переключатель диапазонов изготовлен из малогабаритного галетного переключателя от промышленного радиоприемника «Соната». Можно использовать и самодельный переключатель.

Общий вид приемника с конвертером показан на рис. 2.

Конвертер смонтирован на печатной плате из фольгированного гетинакса размером 148×55 мм. В центре платы размещен переключатель диапазонов, вокруг него — подстроечные конденсаторы; на правой половине платы помещены смеситель и катушка *L6*, на левой — гетеродин и стабилизатор. Конденсатор *C30* монтируется непосредственно в корпусе разъема *Ш1*, соединяющего конвертер с приемником. Монтаж ведется короткими проводами.

Корпус разъема можно изготовить из двух пластинок органического стекла толщиной 4 *мм*, между которыми разместить штыри диаметром 1 и длиной 8 *мм* от фабрич-

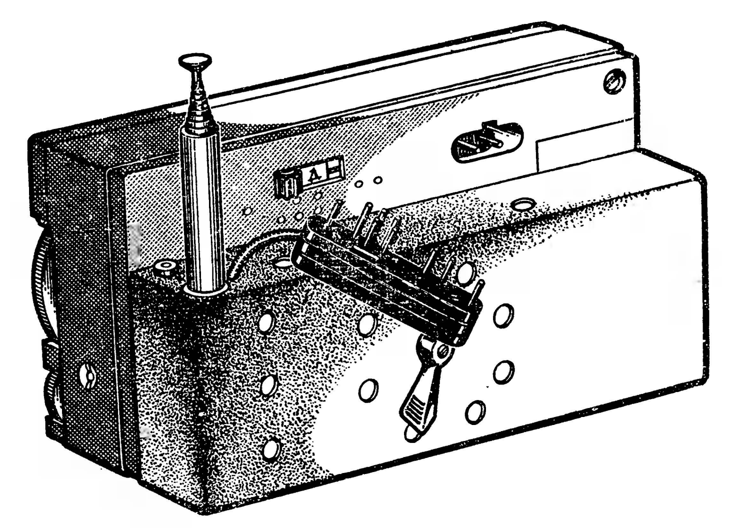


Рис. 2 Общий вид приемника с конвертером

ного многоконтактного малогабаритного разъема. Пластины необходимо стянуть двумя винтами М2,5.

В приемник, предназначенный для работы с конвертером, необходимо внести незначительные изменения, нисколько не ухудшающие его качества. Сняв заднюю крышку, следует отогнуть ограничительную скобу, вынуть движок переключателя диапазонов и выпилить в нем указанные на рис. 3 части так, чтобы укрепленные на переключателе контактные пластины могли занимать положения, изображенные на рис. 4. Движок переделанного переключателя может занимать три положения: крайнее правое — СВ, среднее — ДВ и крайнее левое — КВ. Последнее положение необходимо для растяжки диапазона СВ приемника при подключении конвертера.

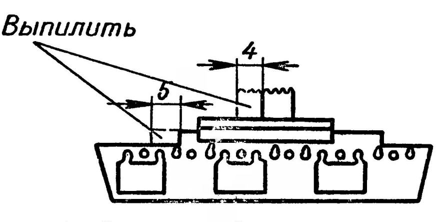


Рис. 3. Переделанный движок переключателя

Далее, вынув плату приемника из корпуса, необходимо удалить перемычку между контактами *13—14* переключателя диапазонов. Расположение перемычки и номера кон-

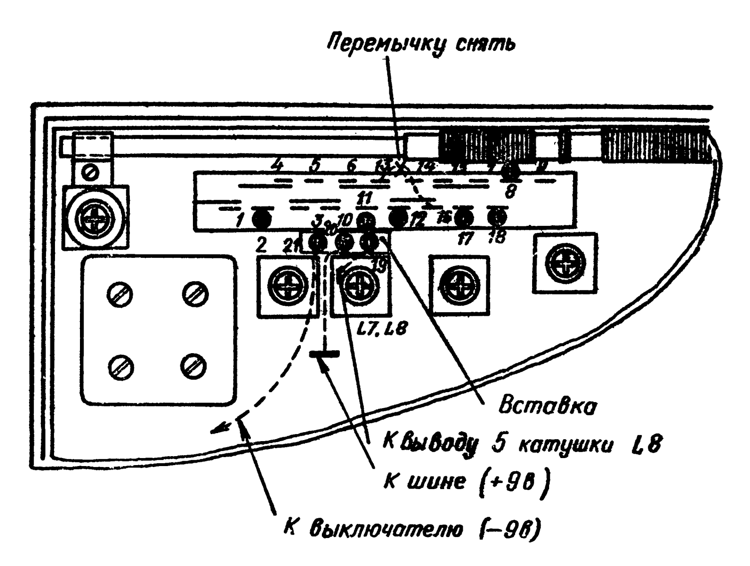


Рис. 4. Размещение гнезд на переключателе приемника

тактов переключателя для радиоприемника «Сокол» указаны на рис. 4. Затем, разобрав девятиштырьковую ламповую пальчиковую панель, нужно вынуть из нее гнезда, изогнуть их концы и установить их между корпусом переключателя и контактами *2, 11, 12, 17, 18* и *8* (см. рис. 5). После этого из органического стекла или гетинакса толщиной 4 мм следует изготовить вставку с гнездами *19, 20, 21*, установить ее на плате и распаять гнезда согласно рис. 4. Для надежности контактов меж-

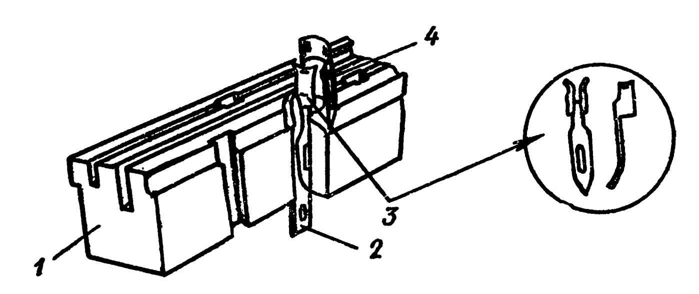


Рис. 5. Установка гнезд в корпусе переключателя
1 — корпус переключателя; *2* — контакт переключателя; *3* — гнездо; *4* — хлорвиниловая трубка

ду гнездами и штырями разъема на выступающие части гнезд рекомендуется надеть кусочки хлорвиниловой трубки так, чтобы они без деформации зажимались между корпусом переключателя и задней крышкой приемника. В задней крышке приемника (над гнездами) необходимо просверлить отверстия диаметром 1,2 *мм.*

Налаживание конвертера начинают с проверки режимов работы транзисторов стабилизатора напряжения, смесителя и гетеродина по постоянному току. При отпаянном конце катушки *L5* напряжение на коллекторе транзистора *Т3* относительно +9В батареи питания должно быть 6В. Коллекторные токи транзисторов *Т1* и *Т2* должны находиться в пределах 0,3—0,5 мА и 1,8—2,2 мА соответственно. Проверив режимы транзисторов, можно перейти к сопряжению контура растянутого диапазона СВ на частотах 1100 кГц и 1500 кГц с учетом влияния контура *L2C11*; затем, припаяв конец катушки *L5* на прежнее место, следует проверить работу гетеродина по поддиапазонам. Если гетеродин не работает, то рекомендуется попробовать поменять местами концы катушки *L5*. Далее, установив подстроечные конденсаторы входного и гетеродинного контуров в среднее положение и настроив приемник на минимальную частоту (поддиапазон 49 м), на вход конвертера подают сигнал от ГСС с частотой 5,9 МГц. Вращая сердечник катушки *L3*, настраивают конвертер по максимуму сигнала на выходе приемника. Затем, настраиваясь на максимальный уровень сигнала с помощью сердечника катушки *L1* и конденсатора *С9*, проверяют возможность приема радиостанций в диапазоне 5,9—6,3 МГц. Положения сердечников катушек *L1* и *L3* фиксируют с помощью парафина и при дальнейшей настройке не меняют.

В такой же последовательности, но с помощью подстроечных конденсаторов настраивают остальные поддиапазоны конвертера.

НОВОЕ О ТЕРМЕНВОКСЕ

В. Нечаев

Терменвокс — первый электронный музыкальный инструмент, созданный у нас в стране более 50 лет назад, в 1921 году, конструктором Львом Сергеевичем Терменом. Год создания терменвокса принято считать годом рождения электронной музыки. За прошедшие с тех пор годы творческими усилиями советских конструкторов и энтузиастов ЭМИ, таких, как А. А. Володин, И. Д. Симонов, С. Г. Корсунский, А. А. Иванов, Е. А. Прохоров, В. И. Волошин и многих других, был создан не один десяток отечественных образцов разнообразных одноголосных и многоголосных ЭМИ. Но, несмотря на столь быстрое развитие электромузыки, терменвокс не потерял своего значения и в наши дни, а по красоте звучания и исключительной художественной выразительности мог бы поспорить со многими современными ЭМИ. Будучи одним из самых простых, а значит, и одним из самых дешевых инструментов, терменвокс мог бы получить самое широкое распространение. Этого, однако, не случилось отчасти из-за тех недостатков, которыми обладает инструмент и которые заложены в самом принципе построения его электрической схемы — принципе биений высокочастотных колебаний. Как известно, задающий генератор терменвокса состоит из двух высокочастотных генераторов: опорного с неизменной частотой и перестраиваемого, частота которого меняется рукой исполнителя. Сигналы обоих генераторов поступают на смеситель, где выделяется сигнал разностной звуковой частоты. Временная нестабильность частоты высокочастотных *LC* генераторов терменвокса вполне допустима для задающих генераторов ЭМИ. Однако в результате биений эта абсолютная нестабильность частоты переносится в масштабе 1:1 на устойчивость результирующей звуковой частоты. Таким образом, чем выше частота высокочастотных генераторов и чем ниже частота биений, тем больше относительная неста-

бильность высоты тона в низкочастотном регистре терменвокса.

Произведем количественную оценку этой нестабильности. Пусть частота опорного высокочастотного генератора согласно рекомендациям, приведенным в литературе (1,4), составляет 130 кГц, а частота другого высокочастотного генератора перестраивается рукой в пределах 130,1—134 кГц. Пусть далее временная нестабильность частоты этих генераторов при комнатной температуре будет $\pm 10^{-4}$, что в абсолютных единицах составит ± 13 Гц.

Тогда относительная частотная нестабильность строя терменвокса определится величинами, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Частота терменвокса, Гц	Относительная нестабильность строя терменвокса, %
65	20
260	5
650	2
1300	1
3900	0,33

Если учесть, что минимальное изменение высоты тона, воспринимаемое человеческим ухом, составляет приблизительно 6 центов или $\pm 0{,}36\%$, становится очевидным, что использовать терменвокс на частотах ниже 1300 Гц не представляется возможным, так как рука исполнителя не успеет отреагировать на такое большое изменение высоты тона. Понижение частоты высокочастотных генераторов до 65 кГц понижает граничную частоту в два раза, но при этом значительно ухудшаются условия фильтрации низких частот.

Заметный выигрыш в стабилизации строя терменвокса дает применение высокочастотных кварцевых генераторов. Действительно стабильность частоты таких генераторов. Действительно стабильность частоты таких генераи равна $\pm 10^{-6}$. Допустимая перестройка частоты для обычных схем кварцевых генераторов составляет $\pm 0{,}1\%$, а при полной компенсации емкости кварцедержателя (6) может доходить до $\pm 1\%$. При этом стабильность часто-

ты генератора понижается на порядок и составляет уже $\pm 10^{-5}$. Очевидно, что в обоих случаях абсолютная нестабильность частоты кварцевых генераторов будет одинакова, так как для перекрытия того же звукового диапазона частота кварцевого резонатора для первого случая дол-

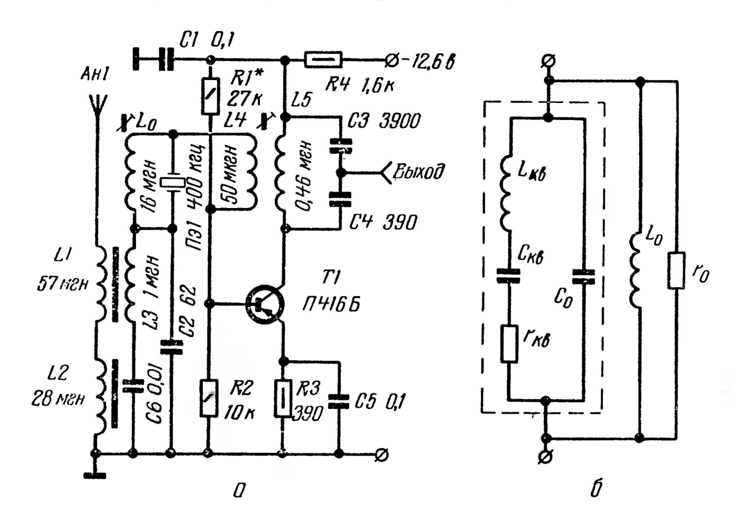


Рис. 1. Высокочастотный кварцевый генератор, *а* — принципиальная схема; *б* — эквивалентная схема кварца

жна быть выбрана в 10 раз большей. Пусть нужно перекрыть звуковой диапазон в 4 кГц. Легко определить, что при перестройке частоты кварцевого генератора в пределах $\pm 1\%$ его резонансная частота должна составлять 400 кГц.

При относительной нестабильности частоты генератора, равной $\pm 10^{-5}$, ее абсолютное значение составит 4 Гц, что на звуковой частоте 400 Гц будет соответствовать нестабильности строя терменвокса $\pm 1\%$. Как видим, применение высокочастотных кварцевых генераторов дает выигрыш в 3,3 раза по отношению к частоте *LC* генераторов, равной 130 кГц, и в 1,65 раза — по отношению к частоте 65 кГц. Более существенного выигрыша от применения высокочастотных кварцевых генераторов получить не удается.

Перестраиваемый высокочастотный кварцевый генератор может быть построен по схеме, приведенной на

рис. 1, *а*. Эквивалентная схема кварцевого резонатора изображена на рис. 1, *б*. Он представляет собой последовательный колебательный контур, образованный эквивалентной индуктивностью кварца $L_{кв}$, эквивалентной емкостью кварца $C_{кв}$, эквивалентным сопротивлением потерь $r_{кв}$ и зашунтированный паразитной емкостью кварцедержателя C_0. Поскольку отношение $C_0/C_{кв}$ выражается десятками, а то и сотнями единиц, становится понятным, почему так трудно перестроить частоту кварцевого генератора. Расширить диапазон перестройки можно только в случае компенсации емкости C_0. Это достигается подключением параллельно емкости C_0 дополнительной катушки индуктивности L_0. Контур L_0C_0 настраивают точно на частоту кварцевого резонатора. Тогда емкость кварцедержателя компенсируется и параллельно контуру $L_{кв}C_{кв}r_{кв}$ остается подключенным только сопротивление потерь r_0 контура L_0C_0. Для определения индуктивности катушки L_0 необходимо предварительно измерить емкость C_0.

Катушка L_0 должна иметь подстроечный сердечник, с помощью которого контур L_0C_0 настраивается точно на частоту кварцевого резонатора. Момент резонанса характеризуется наибольшим расширением диапазона перестройки кварцевого генератора. Отклонение частоты в процессе настройки контролируется цифровым частотомером.

Частота кварцевого генератора во время игры на инструменте перестраивается рукой исполнителя, вносящей в антенный контур дополнительную емкость. При этом перестраивается контур *L3C2*, а значит, и частота генератора.

Катушки антенного контура *L1* — *L3* конструктивно могут быть выполнены согласно рекомендациям соответствующей литературы (1, 4, 8). Индуктивность катушки L_0 зависит от емкости кварцедержателя C_0. На рис. 1, *а* указана индуктивность L_0 для емкости $C_0=10$ пФ. В случае другого значения C_0 необходимо пересчитать число витков катушки L_0. Намоточные данные катушек L_0, *L4, L5* приведены в табл. 2.

При изготовлении катушек наматывают на 5% больше витков, чем указано в табл. 2, а точную подгонку индуктивности производят на *RLC* мосте, отматывая лишние витки.

Таблица 2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность мкГ	Сердечник
L_0	585	ПЭВ-1 0,1	16 000	СБ-5а
$L4$	31	ПЭВ-1 0,2	50	СБ-3а
$L5$	94	ПЭВ-1 0,2	460	СБ-3а

Поскольку метод биений не может обеспечить нужной стабильности строя терменвокса, пришлось искать другие пути реализации его схемы. После длительных поисков автору статьи, являющемуся поклонником этого замечательного инструмента, по его мнению, удалось найти ме-

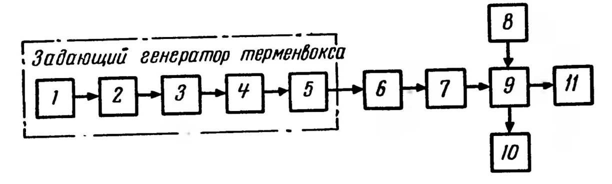


Рис. 2. Функциональная схема терменвокса.

1 — кварцевый ВЧ генератор; *2* — буферный каскад; *3* — антенный контур; *4* — выпрямитель; *5* — широкодиапазонный преобразователь; *6* — темброблок; *7* — манипулятор; *8* — педаль управления громкостью; *9* — усилитель НЧ; *10* — ревербератор; *11* — акустическая система

тод и технические средства для построения схемы терменвокса, свободного от перечисленных выше недостатков. Суть метода наглядно иллюстрируется структурной схемой, приведенной на рис. 2.

Поскольку все низкочастотные узлы терменвокса детально разработаны и описаны в литературе (1—5), здесь будет рассмотрена только частотозадающая часть инструмента, включая широкодиапазонный преобразователь (см. рис. 3).

Функции задающего генератора может выполнить любой кварцевый генератор. В построенном автором инструменте кварцевый генератор собран на транзисторе *T1*, включенном по схеме с общей базой. Режим транзистора *T1* по постоянному току задается базовым делителем напряжения *R1, R2*. Конденсаторы *C1, C2* фильтруют высокую частоту, а *C3, C4* входят в контур *L1C3C4*,

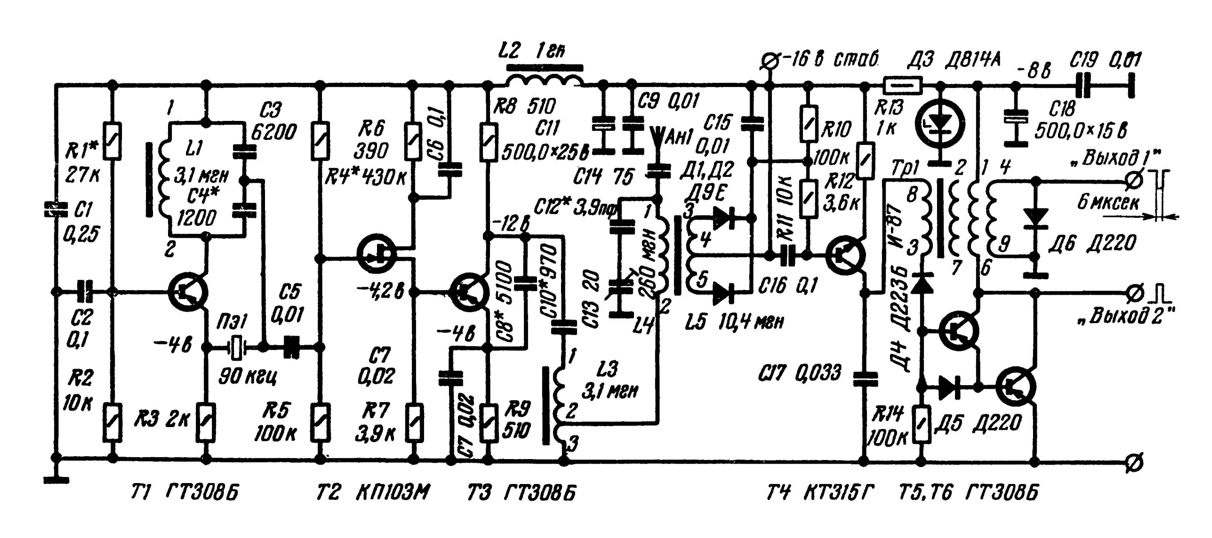


Рис. 3. Принципиальная схема частотозадающих узлов терменвокса

настроенный на первую гармонику кварцевого резонатора *Пэ1*. Для устранения влияния нагрузки на частоту и амплитуду кварцевого генератора служит буферный усилитель, выполненный на транзисторах *Т2, Т3*. Для увеличения входного сопротивления буферного усилителя в его первом каскаде используется полевой транзистор *Т2*. Нагрузкой усилителя служит последовательный колебательный контур *L3C10*, настроенный на первую гармонику кварцевого резонатора. Конденсатор *С5* — разделительный, *С6* устраняет отрицательную обратную связь по току в первом каскаде усилителя, а конденсаторы *С7, С8* образуют емкостной делитель, через который с коллектора на эмиттер транзистора *Т3* поступает напряжение положительной обратной связи, повышающей усиление второго каскада и улучшающей добротность контура *L3C10*. При сильной положительной обратной связи может возникнуть генерация. В этом случае необходимо уменьшить отношение емкостей конденсаторов *С8/С7*.

Режим усилителя по постоянному току задается делителем *R4, R5*. Чтобы напряжение высокой частоты не попадало на источник питания, в коллекторные цепи транзисторов *Т2* и *Т3* включен фильтр *L2C1C9C11*.

Чтобы способ игры на терменвоксе остался обычным, в схему введен антенный колебательный контур *L4C12C13C14*. В этот контур входит и емкость антенны, величина которой изменяется в зависимости от положения руки исполнителя. Для уменьшения влияния нагрузки на последовательный колебательный контур *L3C10* отвод от катушки *L3*, к которому присоединяется антенный контур, делается от $^1/_5$ части витков, считая от нижнего по схеме конца, а коэффициент трансформации (отношение W5/W4) выбран равным 0,2. Антенный контур настраивается таким образом, чтобы при максимальном удалении руки от антенны он был расстроен относительно частоты кварца. В этом случае амплитуда сигнала на катушке *L5* близка к нулю. При приближении руки к антенне (или касании ее) антенный контур с помощью подстроечного конденсатора *С13* должен быть точно настроен на частоту кварца. Амплитуда сигнала, снимаемого с катушки *L5*, должна быть при этом максимальной и равной 10 В. Такая величина сигнала устанавливается выбором соответствующей добротности последовательного колебательного контура *L3C10*. При данной выходной

амплитуде сигнала на катушку *L4* надо подавать напряжение 50 В, а на катушке *L3* при настройке в резонанс должно быть 250 В переменного напряжения высокой частоты. Получить такую амплитуду можно, имея добротность последовательного контура, равную 50. В этом случае на коллекторе транзистора *T3* должно быть напряжение 5 В, что вполне можно получить от двухкаскадного усилителя на транзисторах *T2* и *T3*.

Таким образом, при воздействии руки исполнителя на антенну терменвокса частота высокочастотного задающего кварцевого генератора остается стабильной и неизменной, а перестраивается только антенный контур, в результате чего изменяется лишь амплитуда высокочастотного сигнала на катушке *L5* от минимума, близкого к нулю, до 10 В. Стабильность этой амплитуды зависит от стабильности частоты и амплитуды кварцевого генератора и от стабильности параметров колебательных контуров.

Стабильность частоты кварца настолько высока, что этим фактором можно пренебречь. Параметры контуров также легко стабилизировать выбором соответствующего типа магнитопроводов катушек и стабильных конденсаторов. Для стабилизации амплитуды ВЧ сигнала задающий генератор терменвокса необходимо питать от стабилизированного источника питания напряжением 16 В или от малогабаритных аккумуляторов. Еще одним дестабилизирующим фактором является емкость антенны, зависящая от состояния атмосферы. Но этот фактор не является существенным, так как температура, давление и влажность воздуха в концертном зале не меняется мгновенно, и исполнитель в процессе игры всегда может внести рукой соответствующую коррекцию, а перед началом игры подстроить инструмент.

Для практического использования высокочастотного сигнала изменения его амплитуды на катушке *L5* необходимо преобразовать в соответствующие изменения частоты. Для этой цели используется управляемый широкодиапазонный генератор звуковой частоты. Предварительно высокочастотный сигнал выпрямляется двухполупериодным выпрямителем, выполненным на диодах *Д1*, *Д2*. Нагрузкой выпрямителя служит резистор *R10*. Конденсаторы *C15*, *C16* совместно с резистором *R11* образуют фильтр низких частот.

Выпрямленное напряжение постоянного тока поступает на вход широкодиапазонного звукового генератора, частота которого изменяется пропорционально величине управляющего напряжения $U_у$. При изменении $U_у$ в пределах от 0 до 10 В генератор перекрывает весь звуковой диапазон от 15 Гц до 15 кГц.

Зависимость частоты генератора от управляющего напряжения линейна, поэтому и воздушный «гриф» терменвокса имеет почти линейный характер. Некоторая нелинейность обусловлена амплитудной характеристикой антенного контура. Управляемый генератор собран на транзисторах *Т4-Т6*. Он представляет собой автоколебательный блокинг-генератор, в котором управление частотой осуществляется изменением постоянной времени разряда хронирующей емкости *С17* с помощью транзистора *Т4*. Под воздействием меняющегося управляющего напряжения постоянного тока, приложенного к базе транзистора *Т4*, изменяется его проходное сопротивление, что влечет за собой соответствующее изменение частоты повторения импульсов. Так, при напряжении $U_у$, близком к нулю, транзистор *Т4* почти закрыт и звуковая частота сигнала на выходе генератора равна 15 Гц. Когда напряжение $U_у = U_{у\ макс} = 10$ В, частота генератора становится максимальной и равной 15 кГц. Диоды *Д5* и *Д6* устраняют обратный выброс импульсов, а диод *Д4* — отключает емкость *С17* от входа блокинг-генератора на все время формирования периода повторения импульсов. Транзистор *Т5* повышает чувствительность и стабильность генератора. Для стабилизации выходной амплитуды импульсов блокинг-генератора и ограничения тока транзистора *Т6* использован параметрический стабилизатор, на резисторе *R13* и стабилитроне *Д3*.

Звуковой генератор имеет два выхода. На выходе *«Вых. 1»* формируется короткий (*6 мкс*) импульс отрицательной полярности с амплитудой 2,7 В, а на выходе *«Вых. 2»* — импульс такой же длительности, но положительной полярности с амплитудой 7,5 В. Оба импульса могут быть использованы в темброблоке с целью получения противофазных сигналов, например, прямоугольной и треугольной формы, нужных для формирования тембра человеческого голоса. Сопротивление нагрузки для обоих выходов должно быть не менее 1 кОм.

В терменвоксе использованы резисторы МЛТ, конден-

саторы *C1, C2, C5, C6, C9, C15, C16, C19* — МБМ; *C11, C18* — К50-6; *C3, C4, C7, C8, C10,-C14* — КСО группы Г; *C12* — КД и *C13* — подстроечный с воздушным диэлектриком. Диоды *Д1, Д2* — Д9Е; *Д3* — Д814А; *Д4* — Д223Б; *Д5, Д6* — Д220. Транзисторы *Т1, Т3, Т5, Т6* — ГТ308Б со статическим коэффициентом усиления по току $B_{ст}=50$, транзистор *Т2* — полевой, КП103М с крутизной характеристики не менее 2 *мА/В*, транзистор *Т4* — КТ315Г со статическим коэффициентом усиления по току $B_{ст}=70$. Импульсный трансформатор — унифицированный И-87. Полярность включения его обмоток показана на принципиальной схеме (рис. 3). Намоточные данные контурных катушек приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность мГ	Сердечник	Тип намотки
L1	248	ПЭЛШО 0,25	3,1	К32×20×6 М90НН-2	Рядовая
L2	1100	ПЭВ-2 0,1	10^3	К32×20×9 М1000НМ3	Внавал
L3	248	ПЭЛШО 0,25	3,1	К32×20×6 М90НН-2	Рядовая
L4	3 × 735	ПЭЛШО 0,2	260	Стержень марки 150ВЧ-1	Универсаль
L5	2 × 220	ПЭЛШО 0,2	10,4	10×200 *мм*	Универсаль

Геометрические размеры катушек *L4* и *L5* и их взаимное расположение показаны на рис. 4. Индуктивность катушки *L4* изменяется с помощью подстроечного сердечника. Для исключения влияния радиостанций длинноволнового диапазона на стабильность строя терменвокса частота кварцевого резонатора выбрана равной 90 кГц.

Низшая частота басового регистра инструмента с учетом допустимой относительной нестабильности строя, равной ±0,36%, и нестабильности кварцевого генератора равной $\pm10^{-6}$, равна:

$$F^{н}=\frac{f_{кв}\times10^{-6}}{0,36\ \%},$$

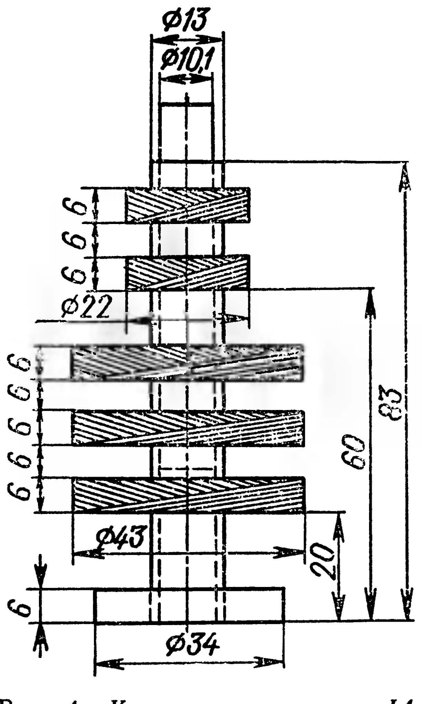


Рис. 4. Конструкция катушек *L4* и *L5*

где $F_н$ — низшая частота терменвокса, Гц;

$f_{кв}$ — частота кварцевого генератора, Гц.

Частота $F_н$ согласно расчету равна 25 Гц. При нестабильности строя, равной $\pm 1\%$, $F_н = 9$ Гц. Таким образом, по сравнению с терменвоксом, построенным по принципу биений двух высокочастотных колебаний, содержащим *LC* генераторы с частотой возбуждения 130 кГц, предлагаемый инструмент дает выигрыш в стабильности строя терменвокса на нижнем регистре в 145 раз, а по сравнению с терменвоксом, содержащим кварцевые генераторы с резонансной частотой 400 кГц,— в 45 раз. Реальная стабильность строя будет несколько хуже за счет нестабильности амплитуды ВЧ сигнала при изменении температуры. Перед началом игры инструмент можно подстроить, внеся коррекцию на изменение температуры.

Литература: 1. Корсунский С. Г., Симонов И. Д. «Электромузыкальные инструменты», М., Госэнергоиздат, 1957. 2. Соломин В. К. «Конструирование электромузыкальных инструментов», М., Госэнергоиздат, 1958. 3. Волошин В. И., Федорчук Л. И. «Электромузыкальные инструменты», М., «Энергия», 1971. 4. Симонов И. Д., Шиванов А. Н. «Терменвокс», ж-л «Радио», 1964, № 10. 5. Термен Л. С. «Физика и музыкальное искусство» М., «Знание», 1966. 6. Априков Г. В «Регулируемые усилители», М., «Энергия», 1969. 7. Королев Л. «И снова терменвокс», ж-л «Радио», 1972, № 9.

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

Н. Донцов

Высокие требования, предъявляемые к качеству стереофонического звуковоспроизведения, обусловливают высокие требования к стереофоническим усилителям НЧ. В настоящее время определились два основных направления в построении схем стереофонических усилителей с мощным выходным каскадом. Первое предусматривает согласующие трансформаторы между отдельными каскадами и выходные трансформаторы между оконечным каскадом и нагрузкой, второе — непосредственное соединение каскадов между собой и оконечного каскада с нагрузкой.

В предлагаемой вниманию читателей статье приводится описание бестрансформаторного стереофонического усилителя НЧ, в оконечном каскаде которого используются кремниевые среднечастотные транзисторы КТ805Б *n-p-n* структуры. Усилитель имеет следующие параметры: полоса рабочих частот 20—30 000 Гц с завалом на краях диапазона не более 3дБ, максимальная выходная мощ-



ность 2×10 Вт при коэффициенте нелинейных искажений менее 3%, глубина регулировки тембра на частотах 60 Гц и 10 кГц±18 дБ, чувствительность со входа звукоснимателя и магнитофона 100 мВ, с микрофонного входа 5 мВ, относительный уровень фона — 60 дБ, переходное затухание между каналами во всем диапазоне частот не менее 40 дБ. Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 220 В, максимальный ток, потребляемый от выпрямителя, 1,2 А, мощность, потребляемая в режиме холостого хода, 10—12 Вт, размеры усилителя 260×170×70 мм.

В стереофоническом усилителе предусмотрена защита блока питания от коротких замыканий и выходных транзисторов от перегрузок по мощности свыше 10—12 Вт на каждый канал. Имеется световая индикация аварийного режима.

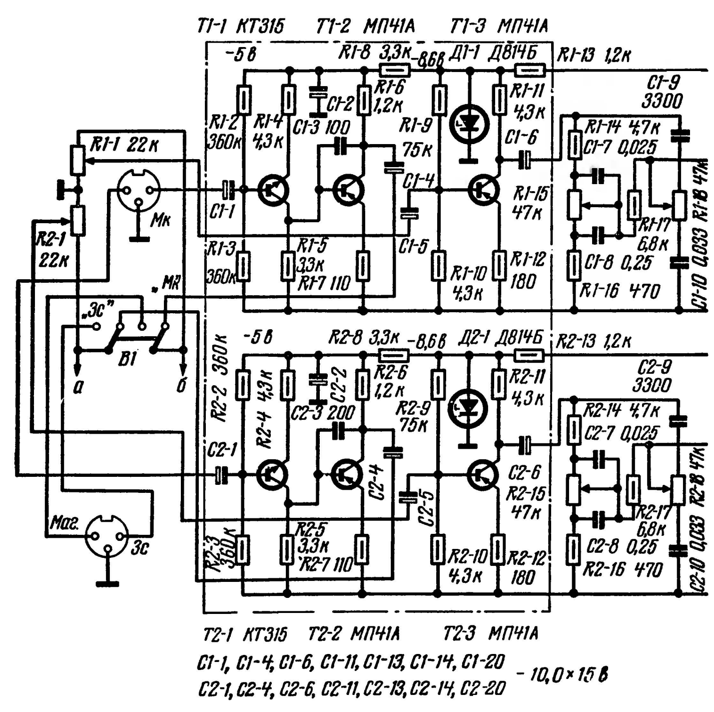


Рис. 1. Принципиальная

Принципиальная схема усилителя НЧ показана на рис. 1. Усилитель состоит из четырех блоков: блока предварительных усилителей, блока оконечных усилителей, блока защиты и блока питания. Оба канала предварительных и оконечных усилителей идентичны, поэтому рассмотрим схему только одного канала.

Предварительный усилитель используется в том случае, когда напряжение, развиваемое источником сигнала, не превышает нескольких милливольт (микрофон) и когда источник сигнала требует для нормальной работы высокого сопротивления нагрузки (звукосниматель). В этом случае последовательно со звукоснимателем приходится включать дополнительный резистор, который повышает входное сопротивление усилителя. Образующийся при этом делитель $R_{вх}$ $R_{доп}$ снижает напряжение на

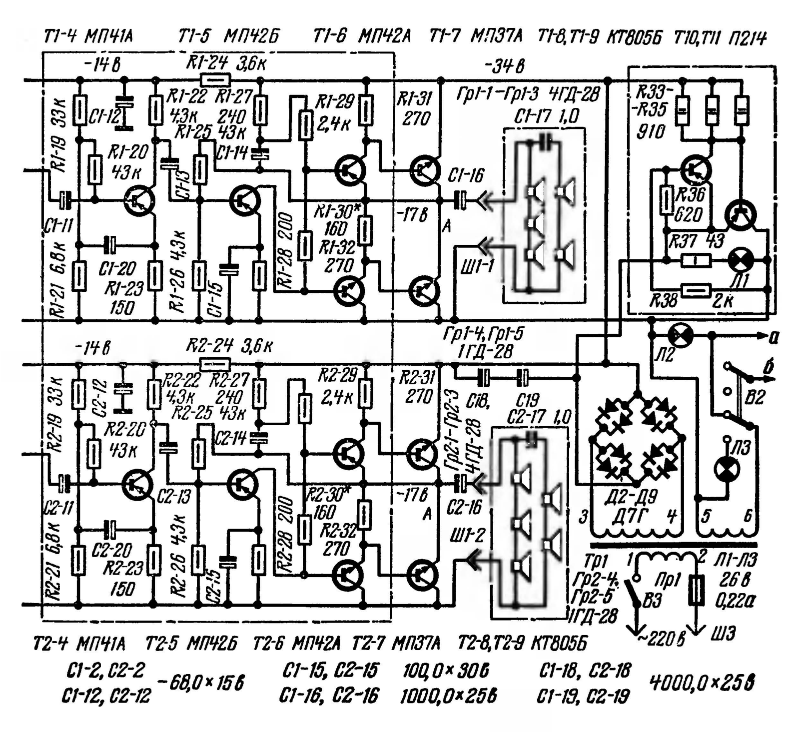


схема усилителя

входе усилителя в $\frac{R_{вх}}{R_{вх}+R_{доп}}$ раз и поднять его можно только с помощью предварительного усилителя НЧ.

Первый каскад предварительного усилителя выполнен на высокочастотном малошумящем ($K_{ш} \leqslant 3$ дБ) транзисторе *Т1-1*. В сочетании с использованием гальванической связи со вторым каскадом, собранным на транзисторе *Т1-2*, это позволяет расширить динамический диапазон усилителя и улучшить его частотную характеристику. Усиленный сигнал с коллекторной нагрузки транзистора *Т1-2* через конденсатор *С1-4* поступает на переключатель входов *В1*. При работе от микрофона сигнал с переключателя поступает на вход третьего каскада предварительного усилителя НЧ, выполненного на транзисторе *Т1-3*. При работе от звукоснимателя сигнал со входа звукоснимателя (магнитофона) поступает непосредственно на третий каскад предварительного усилителя НЧ, минуя первые два каскада. Вход звукоснимателя и магнитофона сделан общим, поскольку автор использует ЭПУ со встроенным в головку звукоснимателя двухканальным эмиттерным повторителем, согласующим звукосниматель с входом усилителя (см. ж-л «Радио», 1965 г., № 10 или ж-л «Радио», 1969 г., № 10).

Между предварительным и оконечным усилителями включен регулятор тембра. Он собран по обычной мостовой схеме. Для регуляторов тембра используются не сдвоенные, а раздельные переменные резисторы. Обычно регуляторы тембра делают спаренными, поскольку при стереофоническом воспроизведении необходима высокая идентичность обоих каналов и по усилению и по фазочастотной характеристике. Экспериментально автором было установлено, что при раздельной ручной установке можно добиться рассогласования значений их сопротивлений не более 5% (у спаренных резисторов 3%), что вполне допустимо для любительского усилителя. Кроме того, что их легче приобрести, раздельные регуляторы при прослушивании монофонических программ позволяют получить псевдостереофонический эффект. Для этого в одном канале регулятором высших звуковых частот ослабляют высшие частоты, а в другом — регулятором низших частот — низшие. При этом снижаются интермодуляционные искажения и звучание становится более чистым и естественным. Необходимо только следить, чтобы

суммарная характеристика обоих каналов была линейной. Для этого следует отметить на шильдиках указанных регуляторов тембра положения движков, при которых усиление на выбранной частоте разделения каналов уменьшается на 3 дБ (в 1,41 раза), что соответствует уменьшению мощности в 2 раза. Только при этих условиях можно достичь прямолинейности результирующей характеристики.

Сигнал с регулятора тембра через конденсатор *C1-11* поступает на первый каскад оконечного усилителя, собранный на транзисторе *T1-4* по схеме с общим эмиттером, и далее после усиления его транзистором *T1-5* — на выходной каскад, собранный на транзисторах *T1-6, T1-7, T1-8, T1-9* по двухтактной бестрансформаторной схеме с квазидополнительной симметрией и вольтодобавкой. В выходном каскаде благодаря глубокой отрицательной обратной связи по постоянному и переменному токам обеспечивается высокая стабильность режима и малый уровень нелинейных искажений. Фазоинвертор выполнен на транзисторах *T1-6* и *T1-7* с различными типами проводимости. Плечи фазоинвертора несимметричны, однако стопроцентная обратная связь в эмиттерных цепях транзисторов позволила получить практически полную симметрию работы выходных транзисторов *T1-8* и *T1-9*.

Устройство защиты транзисторов от перегрузки заимствовано у М. Ерофеева (см. ж-л «Радио», 1969 г., № 10, стр. 67). Оно собрано на транзисторах *T10* и *T11* и отрегулировано таким образом, что срабатывает при увеличении тока, потребляемого нагрузкой, до 1,2 А. Для улучшения температурного режима сопротивление в цепи коллектора транзистора *T10* состоит из трех двухваттных резисторов МЛТ-2 сопротивлением по 910 Ом. Сигнальная лампочка перегрузки *Л1* рассчитана на напряжение 26 В и включена через добавочный резистор *R37*.

Все блоки усилителя НЧ смонтированы на отдельных печатных платах, размещенных на общем основании (рис. 2). Размеры платы блока оконечного усилителя 80×75 мм, блока предварительного усилителя 70×60 мм и блока защиты 60×55 мм. Выходные транзисторы укреплены на дюралюминиевых радиаторах, размещенных со стороны задней стенки корпуса усилителя (рис. 3).

В усилителе применены резисторы МЛТ-0,5, конденсаторы К53-1 и К53-4, переменные резисторы СП-1 с обратной логарифмической зависимостью сопротивления от угла поворота движка (кривая типа В). В качестве силового использован накальный трансформатор от телевизора «Рекорд» (любой из двух), в котором вторичная

Рис. 2. Размещение основных узлов усилителя на монтажной плате

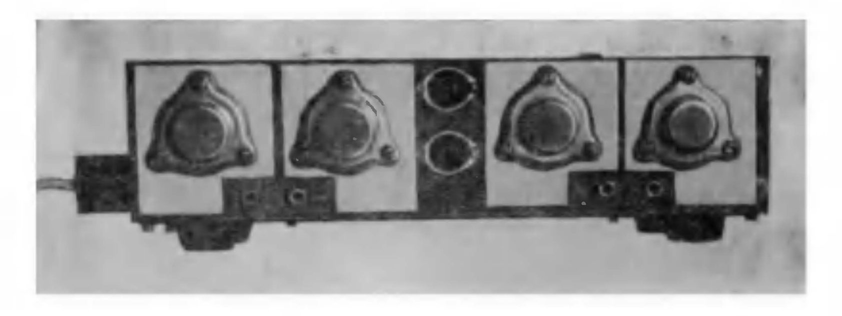


Рис. 3. Задняя стенка корпуса усилителя с радиаторами выходных транзисторов

обмотка перемотана на напряжение 26 В. Лампочки *Л2* и *Л3* рассчитаны на напряжение 6,3 В и ток 0,22 А.

При конструировании усилителей особо приходится решать вопрос об акустической системе. Однако вопрос этот сложен и заслуживает отдельного рассмотрения, что выходит за рамки настоящей статьи. Поэтому здесь мы укажем только величину общего сопротивления звуковых катушек громкоговорителей, работающих с усилителем. Оно должно составлять 10—12 Ом.

Вопросы же применения панели акустического сопротивления, акустического фазоинвенгора или любого другого вида акустического оформления громкоговорителей оставим на усмотрение радиолюбителей.

Налаживание усилителя следует начинать с блока защиты. Сначала следует установить желаемый ток срабатывания блока (1,2 А), подбирая сопротивление резистора обратной связи *R38*. Затем, включив блок защиты, подключить к нему блок оконечного усилителя. При правильном монтаже усилитель начинает работать сразу. Подбирая сопротивление резистора *R1-25*, добиваются, чтобы напряжение в точке А (см. рис. 1) было равно половине напряжения источника питания. Начальный ток мощных транзисторов устанавливают, подбирая сопротивление резистора *R1-30*. Он должен быть равен 10—20 мА. Следует иметь в виду, что мощность, рассеиваемая транзистором *T1-5*, близка к максимальной, поэтому повышение стабильности его работы достигается увеличением сопротивления резистора *R1-28* и уменьшением сопротивления резистора *R1-26*. Ток в коллекторной цепи транзистора *T1-5* должен составлять 6—8 мА. Затем переходят к налаживанию предварительных усилителей. Для этого блок предварительных усилителей подключают к блоку оконечных усилителей. Налаживание сводится к установке режимов транзисторов, указанных на схеме. Предварительные усилители должны потреблять ток 3,2 мА каждый. Затем проверяют форму выходного напряжения. Для этого от звукового генератора на базу транзистора *T1-5* через конденсатор емкостью 10 мкФ подают сигнал частотой 400 Гц и к выходу усилителя подключают осциллограф. Блок оконечных усилителей в этом случае нагружают на эквивалент нагрузки сопротивлением 10—12 Ом. Изменяя выходное напряжение генератора, устанавливают мощность на эквиваленте

нагрузки 8 Вт. Если на экране осциллографа наблюдаются искажения типа «ступенька», следует увеличить смещение на выходных транзисторах, увеличив сопротивление резистора *R1-30*. После этого, подавая напряжение генератора на базы транзисторов *T1-1—T1-7* и поддерживая неизменной мощность в нагрузке, производят покаскадную проверку усилителя. Если при проверке очередного каскада на экране осциллографа будут наблюдаться искажения, следует выявить и устранить их причину.

В заключение снимают частотную характеристику усилителя с входа звукоснимателя. При снятии характеристики изменяют частоту входного напряжения от 20 до 30 000 Гц, поддерживая его уровень. В правильно налаженном усилителе уровень выходного напряжения на крайних частотах рабочего диапазона должен снижаться не более чем в 1,4 раза.

После снятия частотной характеристики включают цепи регулировки тембра и проверяют их эффективность. При недостаточной глубине регулировки тембра необходимо пересчитать параметры элементов регулятора, руководствуясь рекомендациями, приведенными в первом номере журнала «Радио» за 1969 г. на стр. 40.

На этом налаживание усилителя можно считать законченным.

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

В. Шушурин

Усилитель НЧ предназначен для совместной работы с радиоприемником, телевизором, магнитофоном, электропроигрывающим устройством и низкоомным микрофоном. Максимальная выходная мощность усилителя 35 Вт. Чувствительность усилителя со всех входов, кроме микрофонного, 200 мВ, чувствительность с микрофонного входа 3 мВ. Диапазон рабочих частот 20—20 000 Гц. Неравномерность частотной характеристики 2,5 дБ на частоте 20 Гц и 1,5 дБ на частоте 20 кГц. Нелинейные искажения не превышают 1% во всем диапазоне рабочих частот.

Пределы регулировки тембра на частоте 20 Гц от +20 до −22 дБ, на частоте 20 кГц от +17 до −22 дБ. Динамический диапазон 50 дБ. Входное сопротивление усилителя 300 кОм, с микрофонного входа 2 кОм. Выходное сопротивление усилителя 0,3 Ом. Сопротивление нагрузки 4 Ом. Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 220 и 127 В. Мощность, потребляемая в режиме максимального усиления, не превышает 55 Вт.

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1. Каскады предварительного усиления выполнены на транзисторах *T1-T4*. Транзистор *T1* работает в каскаде микрофонного усилителя. Усиление микрофонного каскада регулируется переменным резистором *R6*. При необходимости микрофонный усилитель может быть отключен выключателем *B1*, совмещенным с резистором *R6*.

Каскад предварительного усилителя собран на транзисторе *T2* по схеме эмиттерного повторителя, что необходимо для согласования высокоомного выхода источника сигнала со сравнительно низкоомным входом предварительного усилителя. Смещение на базу транзистора *T2* подается через дополнительную развязывающую цепочку *R10C6*, с помощью которой элементы цепи смещения включаются в цепь отрицательной обратной связи по переменному току. Сигнал на эмиттерный повторитель поступает через регулятор уровня *R8*. Переменный резистор *R15* служит общим регулятором усиления.

Усилительный каскад на транзисторе *T3* охвачен отрицательной обратной связью по току и напряжению. Резистор *R18* обеспечивает необходимое значение тока базового делителя и требуемую глубину параллельной обратной связи по напряжению. Последовательная обратная связь в цепи эмиттера *(R20)* улучшает стабилизацию режима и увеличивает входное сопротивление. Коэффициент усиления каскада 10, входное сопротивление 16 кОм.

Каскад на транзисторе *T4* собран по схеме с общим эмиттером. Для повышения коэффициента усиления резистор *R30* в цепи эмиттера зашунтирован конденсатором *C19* большой емкости. Коэффициент усиления каскада 250, входное сопротивление 1,6 кОм.

Тембр регулируется с помощью частотно-зависимых делителей напряжения. Переменным резистором *R22* регулируют тембр низших звуковых частот. На этих часто-

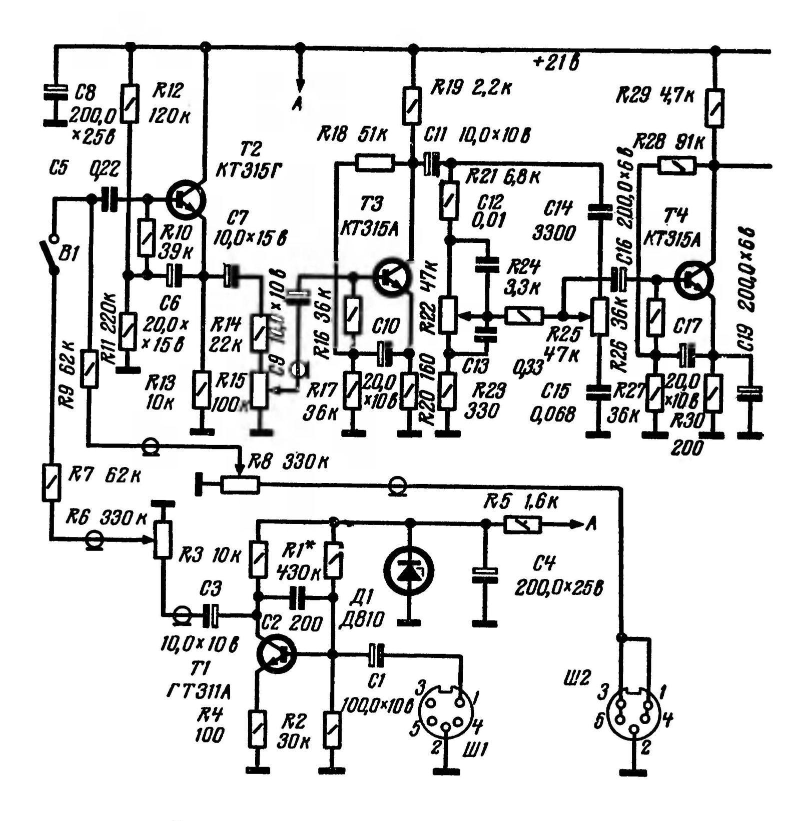
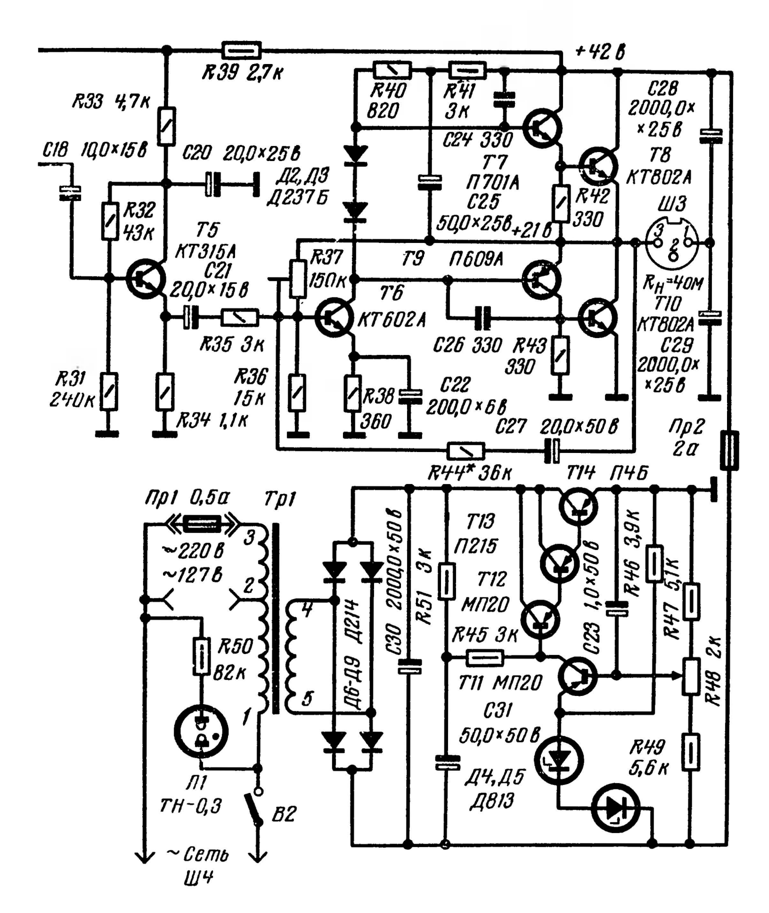


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

тах в верхнем по схеме положении движка резистора частотная характеристика имеет подъем, а в нижнем — завал.

Переменным резистором *R25* регулируют тембр высших звуковых частот. В верхнем по схеме положении движка этого резистора имеется подъем, а в нижнем — завал частотной характеристики. Общая частотная характеристика регуляторов тембра представлена на рис. 2 (кривые *1* и *3*). Кривая *2* получена при среднем положении движков потенциометров *R22* и *R25*.

Для согласования низкоомного предоконечного каскада усилителя с предварительным усилителем использу-



ется эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе *T5*. Усилитель мощности выполнен на транзисторах *T6—T10* по двухтактной бестрансформаторной схеме с положительной обратной связью по питанию. Глубокая, порядка 20 дБ, отрицательная обратная связь по переменному току, напряжение которой с выхода усилителя через цепочку *R44C27* подается на базу транзистора *T6*, позволила улучшить качественные показатели, значительно уменьшив нелинейные искажения, вызванные неидентичностью пар транзисторов *T7—T10*, а также нелинейностью их входных и выходных характеристик. Благодаря отсутствию переходного конденсатора на входе оконечного

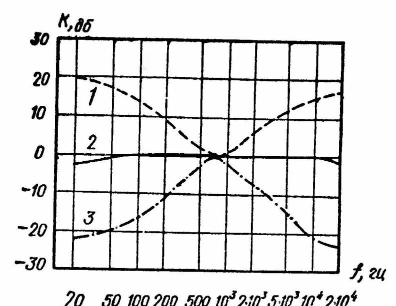


Рис. 2. Частотные характеристики усилителя при различных положениях регуляторов тембра

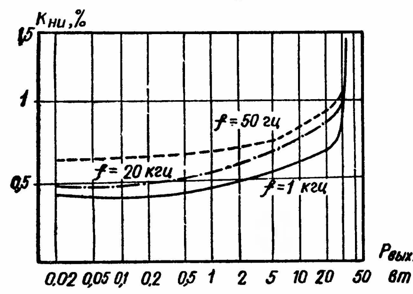


Рис. 3. Кривые зависимости коэффициента нелинейных искажений от частоты и выходной мощности

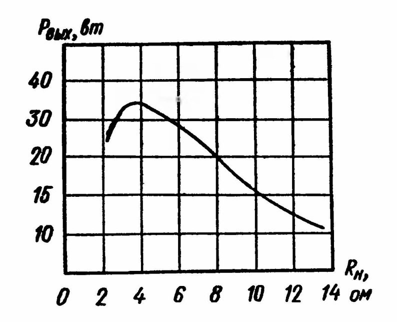


Рис. 4. Кривая зависимости выходной мощности от сопротивления нагрузки

каскада частотные искажения в области низких частот минимальны. На рис. 3 приведены кривые зависимости коэффициента нелинейных искажении от частоты и выходной мощности. Зависимость выходной мощности усилителя от сопротивления нагрузки показана на рис. 4.

Начальное смещение на транзисторы оконечного каскада подается с диодов *Д2—Д3,* которые обеспечивают также необходимую температурную стабилизацию. Для устранения самовозбуждения усилителя на высших звуковых частотах в его схему введены конденсаторы *С24* и *С26*. Емкость этих конденсаторов подобрана таким образом, чтобы создаваемый ими завал частотной характеристики усилителя в области высших звуковых частот был невелик.

Блок питания усилителя выполнен по компенсационной схеме с последовательным включением регулирующего элемента, представляющего собой составной транзистор *Т12, Т13, Т14*. Применение составного транзистора позволяет значительно улучшить параметры стабилизатора и согласовать

мощный регулирующий транзистор *Т12—Т14* с маломощным транзистором *Т11* усилителя постоянного тока. Номинальное выходное напряжение стабилизатора 42 В. Максимальный ток, потребляемый усилителем, не превышает 1,25 А. Для защиты усилителя от перегрузки в разрыв провода питания включен предохранитель *Пр2*. Выходное напряжение устанавливают при настройке с помощью переменного резистора *R48*. Сигнальная лампа *Л1* служит индикатором включения усилителя.

Акустическая система. Для совместной работы с усилителем используется акустическая система закрытого типа, в которой установлено семь громкоговорителей: один 10ГД-18, два 10ГД-17 и четыре 3ГД-15. Схема соединения громкоговорителей показана на рис. 5. Громкоговорители *Гр1 — Гр3* воспроизводят низшие и средние звуковые частоты, а *Гр4 — Гр7* — высшие. Частота разделения выбрана равной 5 кГц. Для разделения частот применен простой фильтр, состоящий из конденсаторов *С1* и *С2*.

Корпус акустической системы изготовлен из фанерованных древесно-стружечных плит толщиной 20 мм. Размеры ящика 930×610×350 мм. Внутренний объем ящика заполнен хлопчатобумажной ватой. Диффузоры громкоговорителей помещены в марлевые чехлы, а громкоговорители *Гр4 — Гр7*, кроме того, закрыты пластмассовыми колпаками. Это необходимо для устранения вредного влияния колебаний диффузоров низкочастотных громкоговорителей на высокочастотные. Свободное пространство внутри колпаков также заполнено ватой. Размещение отверстий для громкоговорителей на передней панели ящика акустической системы показано на рис. 6,а.

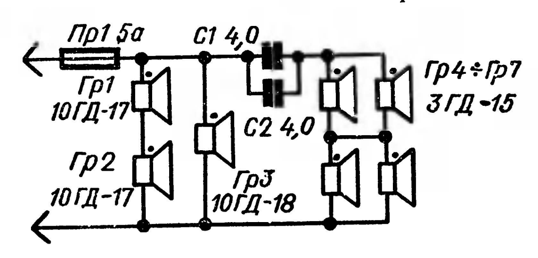


Рис. 5. Принципиальная схема соединения громкоговорителей

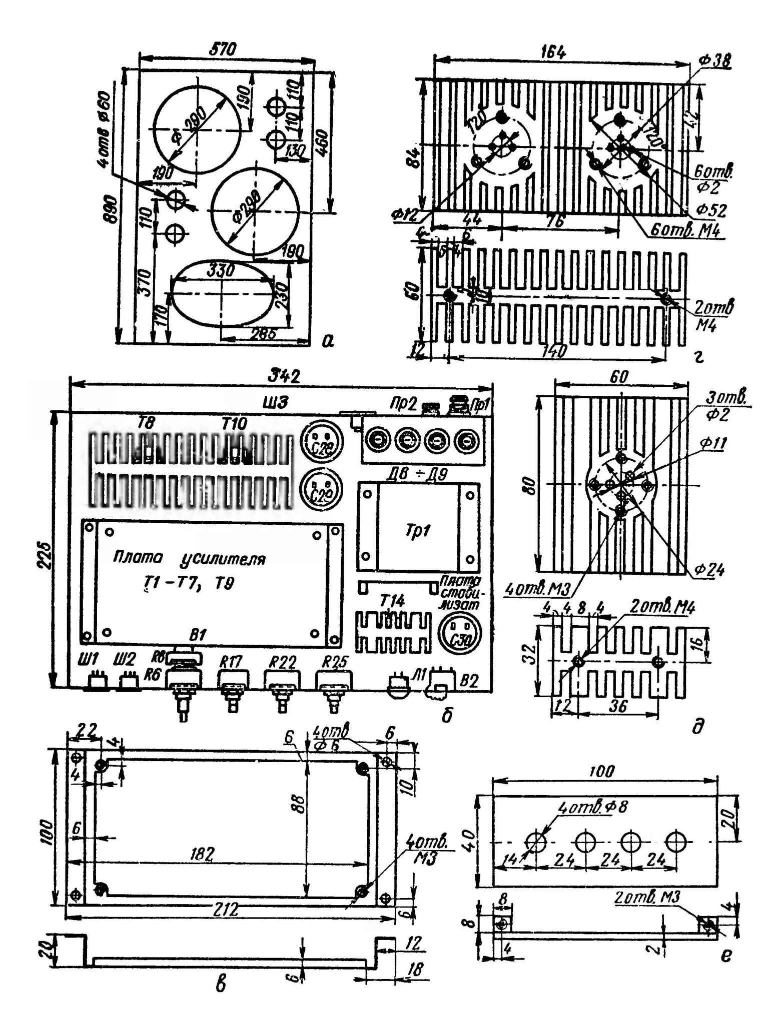


Рис. 6: *а* — передняя панель ящика акустической системы, *б* — размещение основных узлов и деталей на монтажной плате усилителя, *в* — металлическая рама для установки платы предварительных каскадов усилителя, *г* — радиатор выходных транзисторов усилителя *Т8* и *Т10*, *д* — радиатор выходного транзистора стабилизатора, *е* — монтажная пластина для выпрямительных диодов *Д6* — *Д9*

Конструкция и детали усилителя. Все блоки усилителя смонтированы на текстолитовой плате толщиной 5 мм (рис. 6, *б*). Транзисторы *Т1 — Т7* и *Т9* с относящимися к ним элементами размещены на гетинаксовой плате размерами 188×100 мм, установленной на металлической раме (рис. 6, в). Каскад микрофонного усилителя помещен в стальной экран. Транзисторы *Т8, Т10* установлены на общем радиаторе, чертеж которого приведен на рис. 6, г.

Плата стабилизатора размещена вертикально. Выходной транзистор стабилизатора установлен на радиаторе (рис. 6, д), укрепленном на общей плате усилителя, а выпрямительные диоды *Д6 — Д9* — на медной черненой пластинке, размеры которой приведены на рис. 6, е.

Передняя и задняя панели усилителя выполнены из дюралюминия толщиной 2 мм.

В усилителе используются постоянные резисторы МЛТ-0,25 и МЛТ-0,5. Переменные резисторы *R6, R8* — СП3-10В с кривой изменения сопротивления от угла поворота типа В; *R15* — СП3-12В; *R22, R25* — СП-1 с кривой изменения сопротивления типа А; *R37* — СПО-0,5. Конденсаторы *С2, С14, С24, С26* — КМ-4; *С5, С12, С13, С15* — КМ-6. Все электролитические конденсаторы — К50-6.

Силовой трансформатор *Тр1* выполнен на сердечнике из пластин Ш20, толщина набора 50 мм, площадь окна 20×50 мм^2. Обмотка *1—2* содержит 481 виток провода ПЭВ-1 0,65; обмотка *2—3* — 353 витка ПЭВ-1 0,49; обмотка *4—5* — 140 витков ПЭВ-1 0,96. Разъемы *Ш1 — Ш3* — унифицированные, СГ5 и СГ3.

Налаживание усилителя при условии правильного монтажа и применения проверенных деталей несложно и сводится к установке необходимой величины напряжения питания, симметрированию выходного каскада и регулировке чувствительности.

Прежде всего необходимо отрегулировать стабилизатор напряжения. Для этого полностью смонтированный и проверенный стабилизатор включают в сеть переменного тока (при этом усилитель должен быть отключен). С помощью переменного резистора *R48* по вольтметру постоянного напряжения, подключенному к выходу стабилизатора, устанавливают выходное напряжение +42 В. Далее к выходу стабилизатора следует подключить постоянный

проволочный резистор сопротивлением 30 Ом и мощностью рассеивания не менее 50 Вт. Если показания вольтметра при этом практически не изменятся, стабилизатор работает нормально, и можно приступать к налаживанию усилителя НЧ. Для этого усилитель присоединяют к стабилизатору, предварительно установив потенциометры *R6, R8* и *R15* в положение, соответствующее минимальному усилению и подключив вольтметр к средней точке выходного каскада (контакт *3* разъема *Ш3*). Нагрузку усилителя следует отключить. С помощью потенциометра *R37* производят симметрирование каскада, добиваясь величины напряжения в средней точке, равной половине напряжения источника питания. Далее, подключив к усилителю эквивалент нагрузки (проволочный резистор сопротивлением 4—5 Ом и мощностью рассеивания не менее 25 Вт), измеряют потребляемый им ток, который при отсутствии сигнала должен лежать в пределах 50—80 мА.

Для проверки чувствительности усилителя на разъем *Ш2* от звукового генератора подают сигнал 200 мВ частотой 1000 Гц. Вольтметр переменного напряжения, подключенный параллельно эквиваленту нагрузки, должен показывать при этом напряжение 12 В, что соответствует максимальной выходной мощности усилителя (потенциометры *R8* и *R15* должны быть установлены в положение максимального усиления).

Проверкой чувствительности налаживание усилителя заканчивают.

СПОРТИВНАЯ АППАРАТУРА

УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ КВ РАДИОСТАНЦИИ

И. Казанский (UA3FT)

В настоящее время подавляющее большинство радиолюбителей-коротковолновиков используют на своих радиостанциях приемо-передатчики (трансиверы), выполненные в виде единого блока, содержащего и приемник и передатчик. Удобство использования трансиверов несомненно. Они позволяют экономить время и обходиться без дополнительной операции — настройки передатчика на частоту корреспондента (это происходит автоматически, так как гетеродин приемника в то же время является и гетеродином передатчика). Такое увеличение оперативности в первую очередь сказывается на спортивных результатах при работе в соревнованиях. Кроме того, применение трансиверов позволяет сделать любительскую радиостанцию более компактной, легкой и экономичной.

Однако трансиверам присущ и существенный недостаток: недостаточная выходная мощность ВЧ в режиме передачи (как правило, она не превышает 50—70 Вт). Радиостанциям же первой категории разрешено работать с мощностью до 200 Вт. Поэтому целесообразно совместно с трансивером использовать дополнительный усилитель мощности. Настоящая статья посвящена одной из конструкций такого усилителя мощности для КВ радиостанции первой категории.

При конструировании усилительного каскада на КВ диапазоны перед радиолюбителем прежде всего встает вопрос о выборе усилительного элемента. В настоящее время транзисторы доказали свое бесспорное преимущество перед радиолампами при работе во многих радиотехнических устройствах. Однако усиление ВЧ мощности с помощью транзисторов наталкивается на целый ряд трудноразрешимых в радиолюбительской практике проблем. Прежде всего, это отсутствие в широкой продаже доступных для рядового радиолюбителя достаточно мощных высокочастотных транзисторов. Далее, разработан-

ные для этих целей транзисторы весьма критичны к стабильности режимов. Даже кратковременное отклонение режима от номинального может привести к выходу из строя дефицитного и дорогостоящего прибора. Наконец, ВЧ усилители мощности на транзисторах пока не обладают требуемой для получения высококачественного сигнала (особенно при работе с однополосной модуляцией) линейностью амплитудной характеристики. Учитывая названные обстоятельства, для стационарной любительской КВ радиостанции более целесообразно использовать ламповый усилитель мощности. Остается выбрать тип радиолампы. Подводимая к лампе мощность достаточно высока — 200 Вт, поэтому обычные приемно-усилительные лампы здесь непригодны. Кроме того, диапазон частот усиливаемых сигналов лежит в пределах от 3,5 до 29,7 МГц, т. е. верхней границей примыкает к УКВ диапазону. В связи с этим возникают определенные трудности из-за обычного на УКВ нежелательного влияния межэлектродных емкостей лампы.

По-видимому, наиболее пригодны лампы, специально разработанные для генерирования и усиления ВЧ и СВЧ колебаний (так называемые «генераторные» лампы), например, ГУ-13, ГИ-7Б и т. п. Однако поскольку эти лампы не предназначены для использования в бытовой аппаратуре, они отсутствуют в продаже. Кроме того, номинальная мощность большинства таких ламп превышает мощность, разрешенную для любительских радиостанций, в связи с чем их применение нерационально.

Более распространены лампы средней мощности, часто используемые в блоках разверток телевизоров. Это — «старые» типы ламп Г-807 и ГУ-50, а также 6П13С, 6П36С и другие, им подобные. Для получения требуемой для передатчика мощности — 200 Вт — можно применить параллельное либо двухтактное включение нескольких ламп средней мощности.

Существенным недостатком многих усилителей мощности для любительской радиосвязи является малое усиление сигнала на высокочастотных диапазонах 28 и 21 МГц. В основном это объясняется значительным уменьшением эквивалентного резонансного сопротивления контура (R_{oe}) на высоких частотах из-за неизбежного уменьшения соотношения величин индуктивности и емкости элементов контура (как известно, это соотношение —

L/C — и определяет значение R_{oe} контура). Дело здесь вот в чем. На высоких частотах для получения резонанса приходится уменьшать и индуктивность, и емкость контура. До некоторых частот это удается делать пропорционально, сохраняя отношение L/C неизменным. Однако уменьшать емкость можно только до некоторого предела, определяемого наличием «паразитных» емкостей — монтажа, межвитковой емкости катушек, а также (что наиболее существенно) выходной емкости лампы. Естественно, общая емкость контура не может быть меньше суммы этих емкостей, поэтому на самых высоких частотах достичь резонанса удается только при уменьшении соотношения L/C, что приводит к падению резонансного сопротивления контура. Кроме того, на высоких частотах падает добротность контура. В результате резко уменьшается усиление на диапазонах 21 и особенно 28 МГц.

Если эквивалентную схему усилительного каскада представить в виде источника тока с внутренним сопротивлением R_i (внутреннее сопротивление лампы) и подключенной к нему нагрузки с сопротивлением R_{oe}, становится очевидным, что по условию согласования максимальное усиление мощности может быть получено только при равенстве R_i и R_{oe}. Отсюда вытекает простой вывод — если не удается получить большое значение R_{oe}, целесообразно уменьшить величину R_i. Сделать это можно (как следует из закона Ома), уменьшив анодное напряжение и увеличив анодный ток лампы. Правда, при этом придется несколько увеличить мощность возбуждения усилителя, т. е. пойти на уменьшение его к. п. д. Однако в условиях стационарной любительской радиостанции это не столь существенный недостаток, и обычно получаемой на выходе трансивера мощности (не менее 30 Вт) оказывается вполне достаточно для возбуждения усилителя.

Как показала практика, при использовании лампы в «токовом» режиме уровень гармонических составляющих сигнала оказывается меньше, что существенно снижает помехи телевидению. Учитывая, что в ряде случаев наличие таких помех представляет собой трудноразрешимую проблему, следует считать, что и с этой точки зрения применение «токового» режима работы лампы весьма целесообразно.

Необходимо отметить, что при пониженном анодном напряжении лампа способна отдать меньшую мощность,

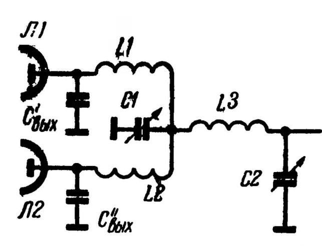


Рис. 1. Эквивалентная схема усилителя при новом способе включения *LC* контура

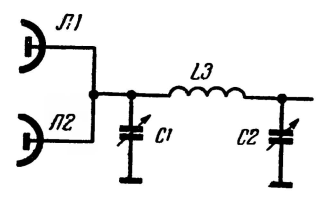


Рис. 2. Эквивалентная схема усилителя на частотах 3,5 и 7 МГц

так как увеличивать анодный ток можно только до определенной величины, выше которой амплитудная характеристика усилителя становится нелинейной. Это весьма нежелательно при усилении SSB сигнала, а также из-за резкого увеличения уровня помех. Поэтому для получения заданной мощности приходится увеличивать число используемых в усилителе ламп. Проще всего включить лампы параллельно. Но при этом возникает очередная проблема: при простом параллельном включении ламп их выходные емкости суммируются, что приводит к еще большему снижению R_{oe} контура. Более того, при использовании ламп с большой выходной емкостью контур на диапазон 28 МГц может оказаться конструктивно невыполнимым: индуктивность любой реальной катушки будет слишком большой для получения резонанса на частоте 28 МГц.

Выход из этого положения был найден в применении нового способа выполнения *LC* контура усилителя, который поясняется рис. 1. Здесь показаны две лампы *Л1* и *Л2* (в общем случае их может быть и больше), в цепи анодов которых включены раздельные катушки *L1* и *L2*. Индуктивности катушек подобраны таким образом, что на высокочастотных диапазонах они вместе с выходными емкостями ламп ($C'_{вых}$ и $C''_{вых}$ соответственно), а также с емкостью конденсатора *C1* образуют П-контуры. В результате оказывается, что параллельно соединены не аноды ламп, а выходы П-контуров, и суммирования выходных емкостей ламп не происходит. Контуры *L1* $C'_{вых}$ *C1* и *L2*$C''_{вых}$ *C1* с помощью конденсатора переменной емкости *C1* можно перестраивать в небольших пределах, до-

статочных, однако, для перекрытия диапазонов 28 и 21 МГц.

К параллельно включенным П-контурам подключен еще один, общий П-контур, в который входят тот же конденсатор *C1*, катушка индуктивности *L3* и конденсатор *C2*. С помощью этого контура параллельно включенные контуры согласуются с антенным фидером.

Некоторым недостатком такого усложненного способа включения *LC* контуров является большая (по сравнению с обычным вариантом включения) сложность настройки, поскольку емкость конденсатора *C1* входит сразу в три связанные друг с другом контура и влияет и на их частоту и на согласование их эквивалентных резонансных сопротивлений.

На более низких частотах (особенно 3,5 и 7 МГц) индуктивности катушек *L1* и *L2* и емкости $C'_{вых}$ и $C''_{вых}$ становятся пренебрежимо малы, поэтому эквивалентная схема усилителя принимает вид одиночного П-контура с параллельно включенными лампами (рис. 2).

Принципиальная схема. Изложенные выше принципы были реализованы в усилителе мощности, схема которого приведена на рис. 3. В нем применены лампы ГУ-50. С равным успехом могут быть использованы и другие лампы с более или менее близкими параметрами (Г-807, Г-811 и т. п.). Для получения разрешенной подводимой мощности 200 Вт при выбранном анодном напряжении 550 В (этот выбор был определен типом имеющегося в распоряжении автора трансформатора) и максимально допустимом токе через лампу ГУ-50 около 150 мА (из условия сохранения линейности амплитудной характеристики) необходимо использовать три лампы. Поскольку усилитель предназначался для работы с трансивером конструкции UW3DI, имеющим достаточный запас по мощности в режиме передачи, было решено применить включение ламп по схеме с заземленной сеткой. Такое включение удобно тем, что не требует дополнительного контура на входе усилителя — входное сопротивление невелико и хорошо согласуется с волновым сопротивлением коаксиального кабеля. Кроме того, ламповый усилитель, собранный по схеме с заземленной сеткой, очень устойчив в работе.

Сигнал ВЧ подается на вход усилителя — коаксиальное гнездо *Гн1* — по кабелю. При включенном (выклю-

чателем *В1)* усилителе на обмотку реле *Р1* через однополупериодный выпрямитель *Д1* и сглаживающий фильтр *С14* подается напряжение, реле срабатывает, и его подвижный контакт *Р1/1* перебрасывается в нижнее (по схеме) положение. В этом случае сигнал поступает на катоды ламп.

В режиме передачи контакты реле устройства голосового управления трансивера через гнездо *Гн2* замыкают на корпус управляющие сетки ламп *Л1—Л3*. При этом все сетки ламп оказываются заземленными (в том числе и антидинатронные — через диоды *Д14*, *Д15*), сигнал усиливается и выделяется на П-контурах, в которые входит индуктивность катушек *L1* — *L4*, емкости конденсаторов *С3* и *С7* и выходные емкости ламп. При работе на разных диапазонах переключатель *В2* в первых четырех положениях замыкает накоротко часть витков катушки *L4*. На диапазоне 3,5 МГц катушка *L4* включена полностью.

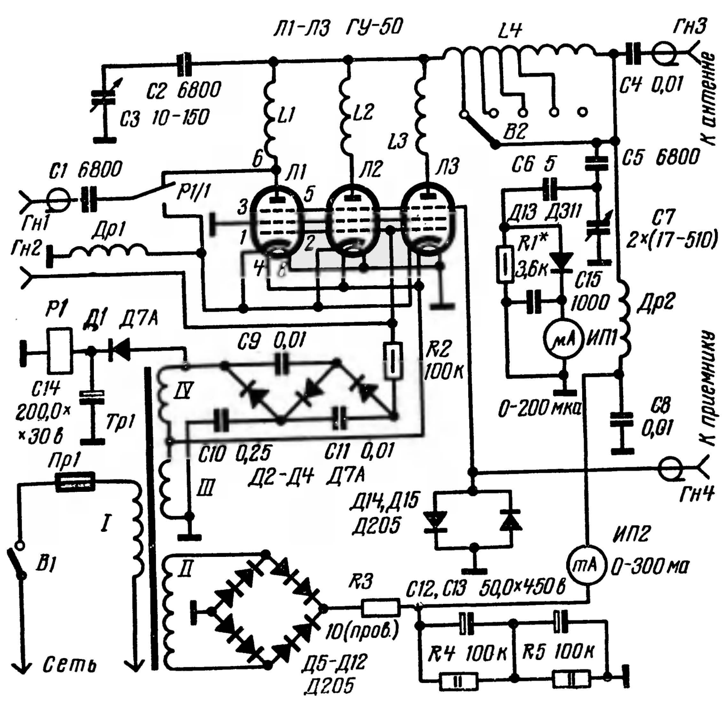


Рис. 3. Принципиальная схема усилителя мощности

С выхода общего П-контура усиленный сигнал через коаксиальное гнездо *Гн3* поступает в фидер, питающий антенну.

Конденсаторы *С2, С4* и *С5* — разделительные, поскольку при последовательном питании ламп катушки *LC* контуров находятся под постоянным напряжением анодного питания.

Небольшая часть ВЧ сигнала через конденсатор *С6* подается на индикатор ВЧ напряжения, в котором применен диод *Д13* и микроамперметр *ИП1*. Второй измерительный прибор — миллиамперметр *ИП2* — используется для контроля анодного тока ламп. Выпрямитель анодного питания выполнен на диодах *Д5—Д12*. Сглаживающий фильтр — на конденсаторах *С12, С13*. Резистор *R3* ограничивает бросок тока при включении выпрямителя.

В режиме приема управляющие сетки ламп отключаются от корпуса и на них через резистор *R2* подается запирающее лампы отрицательное напряжение от выпрямителя, собранного на диодах *Д2—Д4* по схеме с утроением напряжения. Поскольку выпрямленный ток здесь ничтожен — его величина определяется только сеточными токами ламп — в выпрямителе оказалось возможным использовать маломощные диоды и конденсаторы очень небольшой емкости.

В режиме приема сигнал с гнезда *Гн3* через цепь *С4, L4, L3* и емкость анод-антидинатронная сетка лампы *Л3* подается на гнездо *Гн4* приемной части трансивера. Кремниевые диоды *Д14, Д15* при малых уровнях сигнала имеют большое сопротивление и практически не влияют на работу в режиме приема.

При выключенном усилителе напряжение на обмотку реле *Р1* не поступает, реле отпускает, и через его контакты *Р1/1* и разделительный конденсатор *С1* ВЧ сигнал поступает на анод лампы *Л1*. В этом случае возможна работа при пониженной мощности, без усилителя. П-контур, в который теперь входят катушки *L1* и *L4*, выполняет функции согласующего устройства (а также и дополнительного фильтра нижних частот, уменьшающего помехи телевидению), включенного между выходом трансивера и антенным фидером. Хотя оптимальные условия согласования выходного сопротивления трансивера с входным сопротивлением П-контура усилителя при этом, видимо, не достигаются, в случае применения короткого соедини-

тельного кабеля все же удается достичь вполне удовлетворительной передачи мощности в антенну.

Конструкция и детали. Усилитель мощности собран на П-образном шасси из дюралюминия толщиной 2 мм с вертикальной передней панелью из того же материала. Размеры шасси 420×220×50 мм, передней панели 420×200 мм. Усилитель помещен в кожух с вентиляционными отверстиями по бокам и сверху.

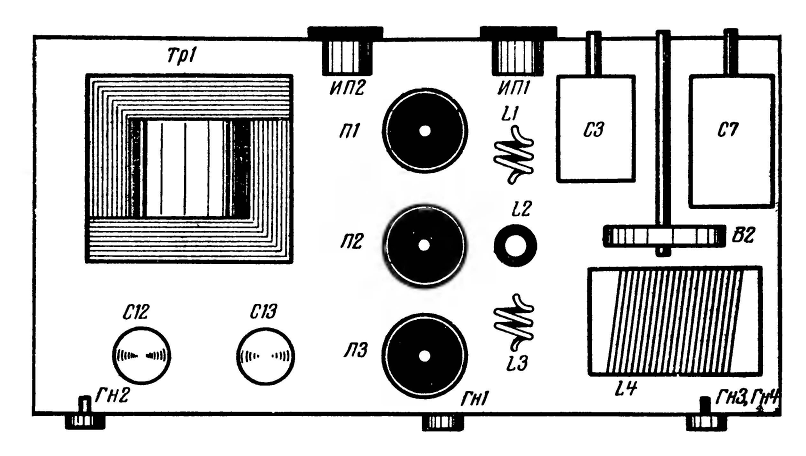


Рис. 4. Размещение деталей на шасси усилителя

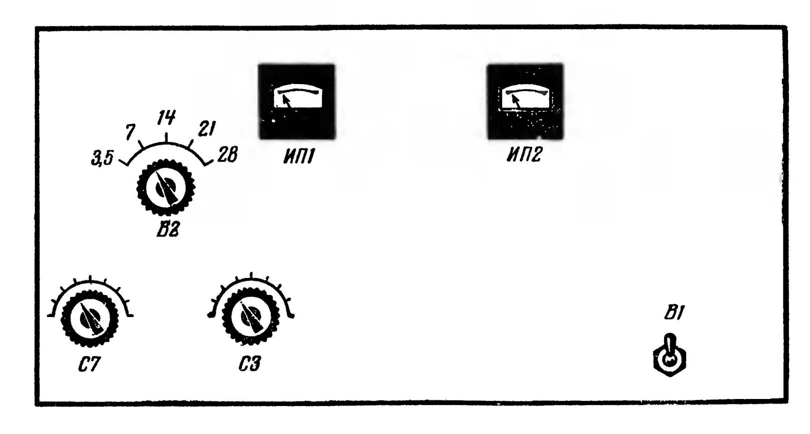


Рис. 5. Вид передней панели с органами управления

Размещение деталей на шасси показано на рис. 4. На рис. 5 дан вид передней панели с выведенными на нее органами настройки — выключателем *В1*, ручками управления переключателя *В2* и конденсаторов *С3* и *С7*, измерительными приборами *ИП1* и *ИП2*.

Катушки *L1* — *L3* — бескаркасные, они намотаны на оправке диаметром 15 мм и содержат по 6 витков провода ПЭВ-1 1,5. Длина намотки 25 мм. Катушка *L4* размещена на фарфоровом каркасе диаметром 40 мм и содержит 24 витка (отводы от 3-, 5-, 8- и 14-го витков) того же провода. Шаг намотки 2 мм. Дроссели *Др1* и *Др2* намотаны на фарфоровых каркасах диаметром 15 и 20 мм соответственно. Дроссель *Др1* содержит 24 витка (шаг намотки 1,5 мм), *Др2* — 66 витков (намотка прогрессивная, на длине 80 мм) провода ПЭВ-1 0,64. Силовой трансформатор *Тр1* выполнен на сердечнике из пластин Ш 46, толщина набора 60 мм. Обмотка *I* состоит из 360 витков (напряжение 220 В) провода ПЭЛ 0,8; обмотка *II* — из 680 витков провода ПЭЛ 0,38; обмотка *III* — из 8 витков провода ПЭЛ 1,1 и обмотка *IV* — из 22 витков провода ПЭЛ 0,14. Можно также использовать силовой трансформатор достаточной мощности от телевизора, например, КВН-49.

Реле *Р1* — высокочастотное, на фарфоре, от радиостанции РСБ-5. Его напряжение срабатывания около 25 В.

Конденсатор *С3* должен иметь зазор между пластинами не менее 1,5 мм. Конденсатор *С7* — сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости от радиовещательного радиоприемника, обе его секции включены параллельно. Конденсаторы *С1, С2, С5, С8* — слюдяные (например, КСО-5) с рабочим напряжением не менее 1000 В, *С4* — слюдяной или керамический с рабочим напряжением 2,5 кВ, *С6* — КТК или КДК, *С9* — *С11* — МБМ.

Налаживание. После монтажа усилителя желательно из имеющихся в наличии ламп выбрать комплект с наиболее близкими параметрами — в этом случае рассеиваемая на их анодах мощность будет распределяться более равномерно. Критерием правильности подбора может служить одинаковая величина анодного тока каждой лампы при постоянном уровне мощности возбуждения.

Налаживание усилителя следует начать с подбора индуктивностей катушек *L1* — *L3* в диапазоне 28 МГц. Для

этого на выход усилителя следует подключить эквивалент антенны (резистор сопротивлением 75 Ом и мощностью 100 Вт либо осветительную лампу на напряжение 127 В мощностью 150—200 Вт) и, последовательно изменяя число витков катушек *L1* и *L3*, а также сдвигая и раздвигая их витки, добиться максимальной мощности на выходе усилителя (мощность оценивают, измеряя ламповым вольтметром ВЧ напряжение на эквиваленте антенны, либо по яркости свечения лампы). При этом может потребоваться подбор положения первого отвода от катушки *L4*. В процессе настройки усилителя для контроля резонансной частоты контура следует использовать ГИР или абсорбционный волномер, в противном случае можно впасть в ошибку и настроить контур на частоту гармоники.

Настроив усилитель в диапазоне 28 МГц, переходят к настройке его на более низкочастотных диапазонах. Настройка заключается в подборе положений отводов от катушки *L4* по максимуму отдаваемой мощности.

В заключение налаживают индикатор ВЧ напряжения, подбирая сопротивление резистора *R1*, при котором стрелка измерительного прибора отклоняется почти на всю шкалу при работе на том диапазоне, на котором достигается максимальная мощность (обычно — на 3,5 или 7 МГц).

Суммарный анодный ток ламп при настроенном в резонанс контуре усилителя на всех диапазонах не должен превышать 360—400 мА. В этом случае при хорошей линейности амплитудной характеристики будет получена мощность, разрешенная для КВ любительской радиостанции.

НОВАЯ ТЕХНИКА

МИКРОСХЕМЫ СЕРИИ К224 ДЛЯ РАДИОПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ

Э. Борноволоков

Одним из путей микроминиатюризации радиоаппаратуры является широкое внедрение микросхем. В настоящее время специально для радиоприемной аппаратуры наша промышленность выпускает серию микросхем К224. Эта серия содержит 11 микросхем, позволяющих собрать вполне современный всеволновый АМ-ЧМ радиоприемник.

В зависимости от назначения микросхемы содержат один или несколько транзисторов, резисторы и конденсаторы. Небольшие габариты и существующая технология изготовления не позволили в микросхеме поместить катушки индуктивности и конденсаторы большой емкости. По этим же соображениям не удалось выполнить в таком виде выходные мощные каскады усилителя НЧ.

Элементы, предназначенные для микросхем, выпускают в миниатюрном исполнении в корпусе или без него. Часть деталей напыляют методом толстопленочной технологии на специальной подложке. Собранную микросхему опрессовывают пластмассой, оставляя девять одинаковых плоских луженых выводов.

Конденсаторы микросхемы имеют емкости 4700 или 3300 пФ. Напыленные резисторы имеют значительно больший ассортимент сопротивлений.

Транзисторы, входящие в состав микросхемы, напоминают известные кремниевые транзисторы КТ 315 и имеют следующие параметры.

Модуль коэффициента усиления по току на частоте $f = 100$ МГц	$\|\beta\| = 3$
Обратный ток коллектора	$I_{ко} = 5$ мкА
Максимальное напряжение коллектор-эмиттер	$U_{кэ\ макс} = 10$ В
Максимальный ток коллектора	$I_{к\ макс} = 20$ мА

Емкость коллекторного перехода . . . . $C_к \leqslant 5$ пФ

Емкость эмиттерного перехода . . . . $C_э \leqslant 6$ пФ

Постоянная времени . . . . $r_б C_к \leqslant 100$ пс

Фактор шума на частоте $f = 5$ МГц . . . . . $F_ш \leqslant 6$ дБ

По статистическому коэффициенту усиления транзисторы разделяют на три группы: $B_{ст} = 30 \div 90$; $B_{ст} = 50 \div 180$; $B_{ст} = 70 \div 280$.

Названия микросхем расшифровывают следующим образом: первая буква «К» означает, что эти микросхемы предназначены для широкого применения. Цифра, стоящая на втором месте, указывает на технологию изготовления. Следующие две буквы раскрывают функциональное назначение микросхемы. Две цифры за ними означают номер серии, а последняя цифра является порядковым номером микросхемы определенного функционального назначения. Для примера разберем название микросхемы К2УС241 — это микросхема для аппаратуры широкого применения (К), изготовлена по методу гибридных интегральных микросхем (2), представляет собой усилитель синусоидальных колебаний (УС), серия номер 24, порядковый номер среди микросхем данного функционального назначения первый (1).

На рис. 1 показан внешний вид и приведены габаритные размеры микросхем К2УС241—К2УС245, К2ЖА241—К2ЖА243, К2ПП241, К2УП241 и К2ДС241.

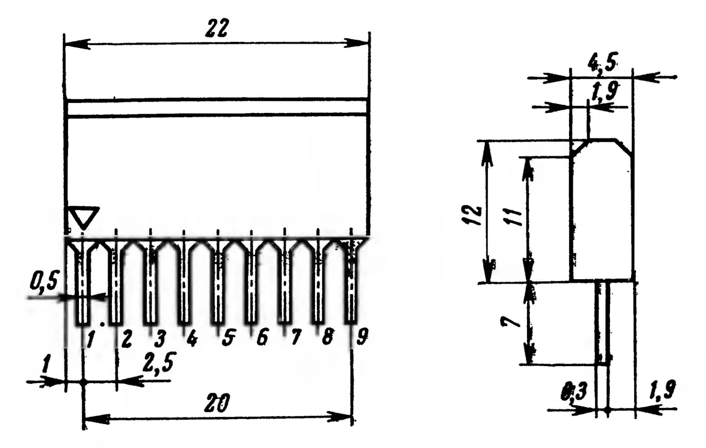
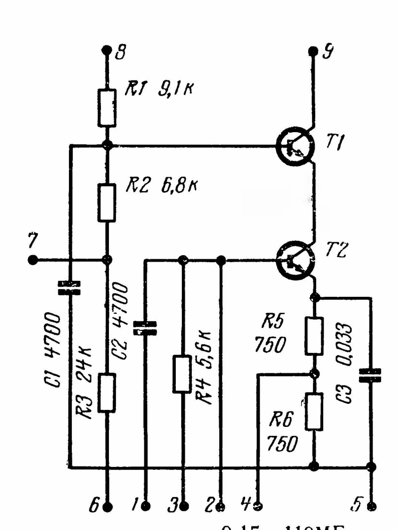


Рис. 1. Внешний вид и габаритные размеры микросхем

Рис. 2. Микросхема К2УС241



К2УС241 (рис. 2) — каскодный усилитель сигналов радиочастот, может быть использован непосредственно как апериодический усилитель ВЧ, усилитель ПЧ и буферный каскад в генераторах ВЧ. С внешними контурами может работать в резонансных усилителях.

Диапазон рабочих частот	0,15—110МГц
Крутизна характеристики на частотах от 0,15 до 30 МГц	⩾ 30 мА/В
Крутизна характеристики на частотах от 30 до 110 МГц	⩾ 12 мА/В
Входное сопротивление на частоте 10 МГц . .	⩾ 150 Ом
Напряжение питания	5,4 — 12 В
Напряжение смещения	3 В
Потребляемый ток	2 — 4 мА
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот	⩽ 12 дБ

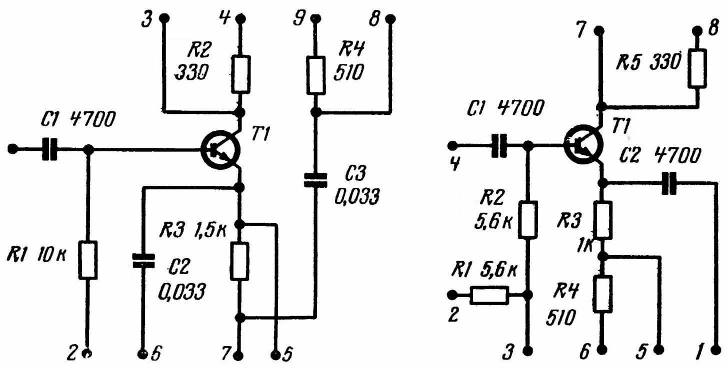


Рис. 3. Микросхема К2УС242

Рис. 4. Микросхема К2УС243

К2УС242 (рис. 3) — универсальный усилитель ПЧ для АМ и ЧМ приемников. Может быть использован в качестве гетеродина и смесителя в этих приемниках.

Диапазон рабочих частот	0,15—30 МГц
Крутизна вольтамперной характеристики . . .	⩾ 25 мА/В
Входное сопротивление на частоте 10 МГц . .	⩾ 200 Ом
Напряжение питания	3,6—9 В
Потребляемый ток	1,8 мА
Напряжение смещения	3 В
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот	⩽ 6 дБ

К2УС243 (рис. 4) — универсальный усилитель высокой и промежуточной частоты в УКВ ЧМ приемниках.

Диапазон рабочих частот	10—110 МГц
Крутизна вольтамперной характеристики на частоте 10 МГц	⩾ 25 мА/В
Крутизна вольтамперной характеристики на частоте 110 МГц	⩾ 10 мА/В
Входное сопротивление на частоте 10 МГц . .	⩾ 150 Ом
Напряжение питания	3,6 — 9 В
Потребляемый ток	1,8 мА
Напряжение смещения	3 В
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот	⩽ 12 дБ

К2УС244 (рис. 5) — усилитель низкой частоты, предназначен для работы в каскадах предварительного усиления при нагрузке на согласующий трансформатор.

Общий коэффициент усиления	⩾ 100
Коэффициент нелинейных искажений	⩽ 5%
Входное сопротивление	⩾ 20 кОм
Напряжение питания	5,4 — 9 В
Потребляемый ток	⩽ 6 мА

Эти параметры обеспечиваются в усилителе, нагруженном на согласующий трансформатор с резистором сопротивлением 200 Ом, включенным параллельно вторичной обмотке.

К2УС245 (рис. 6) — усилитель НЧ, предназначен для работы в каскадах предварительного усиления напряжения в бестрансформаторных усилителях НЧ.

Коэффициент усиления	≥140
Коэффициент нелинейных искажений	≤3%
Входное сопротивление	≥15 кОм
Напряжение питания	5,4—12,0 В
Потребляемый ток	5,5 мА

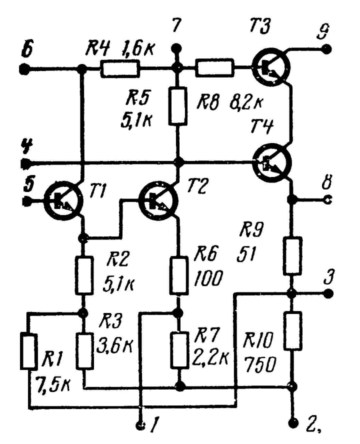


Рис. 5. Микросхема К2УС244

Рис. 6. Микросхема К2УС245

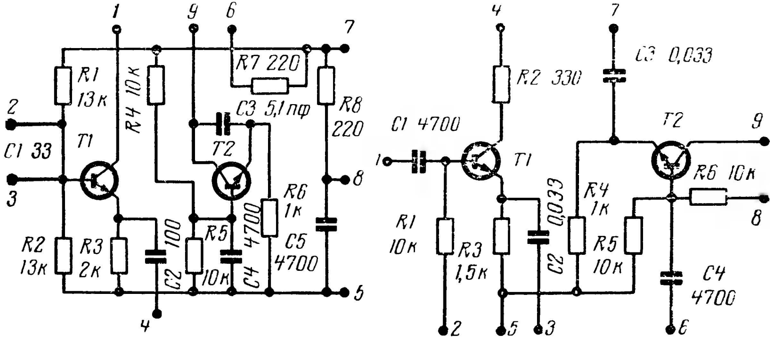


Рис. 7. Микросхема К2ЖА241

Рис. 8. Микросхема К2ЖА242

Характеристики микросхемы К2УС245 приведены для случая совместной работы с бестрансформаторным усилителем мощности. Сопротивление нагрузки оконечного усилителя 4 Ом при напряжении питания 12 В и 12 Ом — при 9 В. Диапазон рабочих частот — 80 Гц — 20 кГц.

К2ЖА241 (рис. 7) — смеситель и гетеродин, рассчитан на работу в трактах УКВ ЧМ.

Диапазон рабочих частот	6,5—120 МГц
Крутизна вольтамперной характеристики . . .	⩾ 4 мА/В
Входное сопротивление на частоте 10 МГц . .	⩾ 150 Ом
Напряжение питания	4 В
Потребляемый ток	3 мА
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот	⩽ 12 дБ

При работе в качестве смесителя напряжение гетеродина должно быть не менее 40 мВ.

К2ЖА242 (рис. 8) — смеситель и гетеродин, предназначен для работы в трактах радиовещательных приемников, рассчитанных на прием амплитудно-модулированных сигналов.

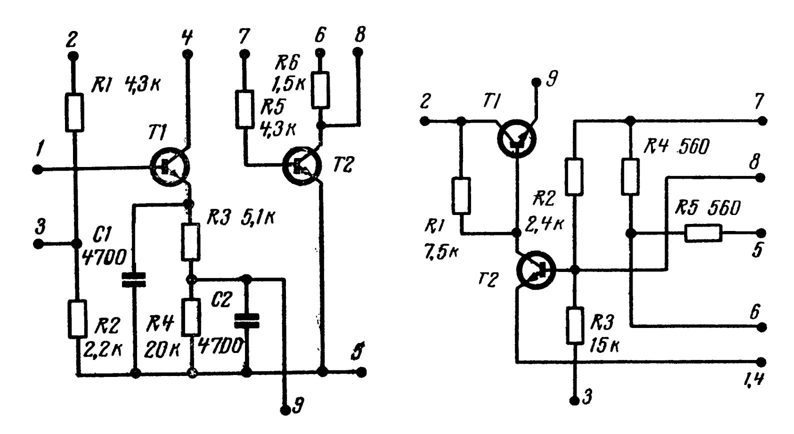


Рис. 9. Микросхема К2ЖА243

Рис. 10. Микросхема К2ПП241

Диапазон рабочих частот смесителя	0,15—30 МГц
Диапазон рабочих частот гетеродина	0,5—30 МГц
Крутизна вольтамперной характеристики . . .	⩾ 15 мА/В
Входное сопротивление смесителя на 10 МГц .	⩾ 50 Ом
Напряжение питания *T1*	3,6 — 9 В
Напряжение питания *T2*	4 В
Напряжение смещения на *T1*	3 В
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот	⩽ 6 дБ
Ток, потребляемый *T1*	1,8 мА
Ток, потребляемый *T2*	2 мА

К2ЖА243 (рис. 9) — детектор амплитудно-модулированных колебаний и усилитель АРУ.

Коэффициент передачи детектора при нагрузке 20 кОм	⩾ 0,4
Входное сопротивление на частоте 465 кГц . .	⩾ 500 Ом
Коэффициент нелинейных искажений	⩽ 3,5%
Напряжение питания обоих транзисторов . . .	3 В
Потребляемый ток	1,2 мА
Рабочая частота	465 кГц
Напряжение АРУ при входном напряжении 1 В	⩾ 1 В
Сопротивление нагрузки	20 кОм

К2ПП241 (рис. 10) — стабилизатор напряжения базовых цепей. Напряжение стабилизации определяется опорным напряжением стабилизирующих элементов.

Максимальный ток нагрузки	⩽ 5 мА
Потребляемый ток	⩽ 2,5 мА
Коэффициент стабилизации	⩾ 5
Входное напряжение	15 — 5,4 В

К2УП241 (рис. 11) — дифференциальный усилитель, предназначен для работы в каскадах смесителя в трактах вещательных АМ и УКВ ЧМ приемников.

Крутизна вольтамперной характеристики в диапазоне частот 30—110 МГц	⩾ 5 мА/В
Крутизна вольтамперной характеристики в диапазоне частот 0,15—30 МГц	⩾ 10 мА/В
Относительный разброс крутизны смесительных каскадов на *Т1* и *Т3*	10%
Потребляемый ток	⩽ 3,5 мА
Напряжение питания	5,4 — 9 В
Напряжение смещения	3 В
Неравномерность частотной характеристики . .	⩽ 12 дБ
Входное сопротивление каскада на *Т1* и *Т3* .	⩾ 200 Ом
Входное сопротивление каскада на *Т2*	⩾ 50 Ом

Крутизна вольтамперной характеристики определяется как отношение коэффициента усиления по напряжению к сопротивлению нагрузки, равному 100 Ом.

Разбаланс значений крутизны усилительных элементов дифференциального усилителя определяют по формуле:

$$\delta=\frac{2(S_3-S_1)}{S_1+S_3},$$

где S_1 и S_3 — значения крутизны вольтамперной характеристики транзисторов *Т1* и *Т3*.

К2ДС241 (Рис. 12) — частотный детектор, рассчитан на детектирование частотно-модулированного сигнала в тракте УКВ ЧМ приемников.

Диапазон рабочих частот	6 — 20 МГц
Коэффициент передачи при нагрузке 20 кОм .	⩾ 0,15

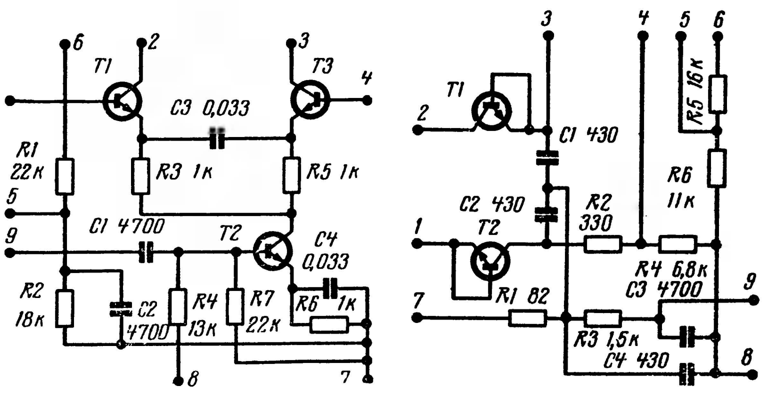


Рис. 11. Микросхема К2УП241

Рис. 12. Микросхема К2ДС242

СОДЕРЖАНИЕ

Радиолюбителю-конструктору

В. КОКАЧЕВ. Любительские транзисторные приемники 1
И. ТОРМОЗОВ. Коротковолновый конвертер 30

Любителям электромузыки

В. НЕЧАЕВ. Новое о терменвоксе 36

Звуковоспроизводящая аппаратура

Н. ДОНЦОВ. Стереофонический усилитель НЧ 47
В. ШУШУРИН. Высококачественный транзисторный усилитель НЧ 54

Спортивная аппаратура

И. КАЗАНСКИЙ. Усилитель мощности КВ радиостанции . . 63

Новая техника

Э. БОРНОВОЛОКОВ. Микросхемы серии К224 для радиоприемной аппаратуры 73

«В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ»

Выпуск 44

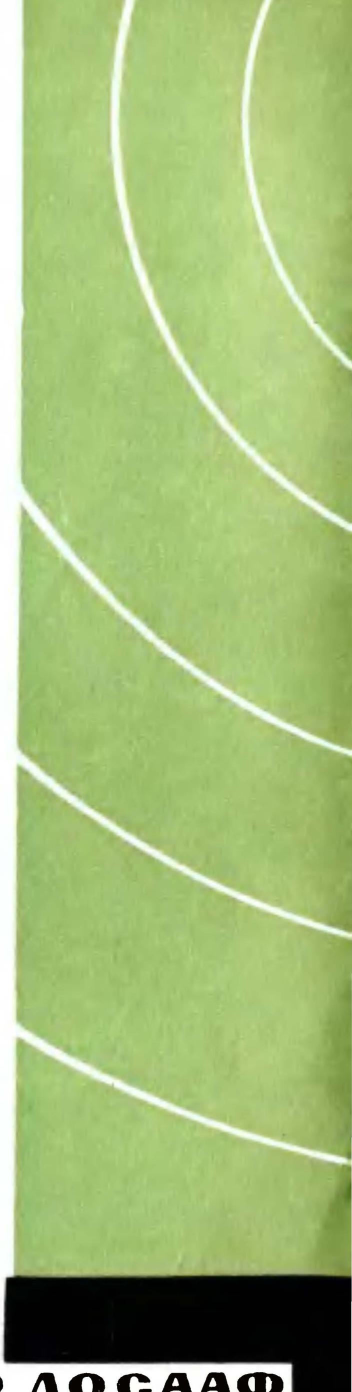
Редактор-составитель *Л. В. Цыганова*
Редактор *Э. И. Меньшенина*
Художественный редактор *Г. Л. Ушаков*
Технический редактор *В. Н. Кошелева*
Корректор *Р. М. Рыкунина*

Г-50618. Сдано в набор 31/VIII-1973 г. Подписано к печати 28/I-1974 г. Изд. № 2/5. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага типографская № 2. Тираж 300 000 экз. Цена 17 коп. Объем физ. п. л. 2,5. Усл. п. л. 4,2. Уч.-изд. л. 4,02. Заказ № 456. Изд-во ДОСААФ, 107066, Москва, Б-66, Новорязанская ул., д. 26.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Минск, Красная, 23.

В $\frac{30400\text{-}028}{072(02)\text{-}74}$ 104-74

Цена 17 коп.



ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ